UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA

EFECTO DEL SISTEMA DE MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN EN UN CAMPO DE RECRÍA DE VAQUILLONAS LECHERAS SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS, METABÓLICOS Y SANITARIOS

por

CARRERAS CASAS Andrea
GALARRAGA ESPINOSA Anaclara
MACKINNON AMORIN Ana Inés

TESIS DE GRADO presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias
Orientación: Producción Animal

MODALIDAD Ensayo Experimental

MONTEVIDEO
URUGUAY
2025

PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de Mesa: .....
Dr. Eduardo Morales

Segundo Miembro (Tutor): .....
Dra. Carolina Fiol

Tercer Miembro: .....
Dra. Nicolle Pomies

Cuarto Miembro (Co-tutor): .....
Dra. Laureana De Brun

Fecha: 23 de diciembre 2025

Autores: .....
Andrea Carreras Casas

.....
Anaclara Galarraga Espinosa

.....
Ana Inés Mackinnon Amorín

A nuestra tutora Dra. Carolina Fiol, por su guía, compromiso y dedicación durante todas las etapas de este trabajo.

A nuestra cotutora Dra. Laureana De Brun, por su apoyo, sus aportes técnicos y por compartir sus conocimientos con disposición y entusiasmo.

Al Campo de Recría De la Cruz (Florida), por brindarnos la oportunidad de realizar este trabajo. A los Ingenieros Daniel Filippini y Fernanda Pérez, a los veterinarios Valentina González y Christian Hernández y todo el personal del establecimiento por su colaboración, en especial al encargado del campo Rody Ibarra por su predisposición y ayuda durante la etapa experimental.

Al personal de la Biblioteca de la Facultad de Veterinaria, por su colaboración en la búsqueda de material bibliográfico y en las correcciones del trabajo.

Finalmente, a nuestras familias, amigos y compañeros, por su constante apoyo, paciencia y aliento durante todo el proceso de la carrera y la realización de esta tesis.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN **2**
AGRADECIMIENTOS **3**
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS **5**
1. RESUMEN **6**
2. SUMMARY **7**
3. INTRODUCCIÓN **8**
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA **10**
4.1 El contexto de la lechería uruguaya y los desafíos de la recría en los tambos 10
4.2 La recría de vaquillonas lecheras: definición e importancia 11
4.3 Campos de recría: origen, funcionamiento y beneficios 13
4.4 Implicancias del sistema de alimentación sobre el desarrollo corporal y el metabolismo durante la recría de vaquillonas 14
4.5 Metabolitos 17
Glucosa 18
Albúmina 19
Ácidos Grasos No Esterificados (AGNEs) 20
β-hidroxibutirato (BHB) 20
4.6 Parámetros sanitarios y desafíos en campos de recría 21
4.7 Integración de los sistemas de recría, salud y nutrición 23
5. HIPÓTESIS **25**
6. OBJETIVOS **25**
6.1 Objetivo general 25
6.2 Objetivos específicos 25
7. MATERIALES Y MÉTODOS **26**
7.1 Animales y manejo en el campo de recría 26
7.2 Muestreo 27
7.3 Análisis de laboratorios 28
Preparación de las muestra. 28
Determinación de anticuerpos contra virosis de interés productivo 28
Determinación de metabolitos 28
7.4 Análisis de resultados 29
8. RESULTADOS **29**
8.1 Estatus sanitario contra BLV y DVB 30
8.2. Desarrollo Corporal 341
8.3 Indicadores del metabolismo energético en los sistemas de recría tradicional e intensivo. 384
8.4 Relación entre el estatus sanitario (BLV) y los parámetros productivos en los sistemas de recría tradicional e intensivo. 38
9. DISCUSIÓN **39**
10. CONCLUSIONES **42**
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **43**

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Disponibilidad forrajera……..……...…….27
Tabla 2. Tabla 2. Medias ajustadas y valores de significancia para peso vivo (PV), ganancia diaria de peso vivo (GDPV) y altura a la cruz (AC).....31

Figura 1. Prevalencia serológica del virus de la diarrea viral bovina (DVB) y virus Leucosis bovina BLV por sistema…….30
Figura 2. Diferencias entre periodos para peso vivo (PV).....32
Figura 3. Diferencia entre periodos para las ganancias diarias de peso (GDPV).....33
Figura 4. Diferencias entre periodos para altura a la cruz (AC).....34
Figura 5. Diferencia entre periodos para albúmina según sistema…….....35
Figura 6. Diferencia entre periodos para glucosa según sistema, periodo e interacción…...36
Figura 7. Diferencia entre periodos para BHB según sistema, periodo e interacción…….37
Figura 8. Diferencias entre periodos para ácidos grasos no esterificados (AGNES).....38
Figura 9. Evolución de peso vivo según estatus sanitario de BLV……39

1. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto de dos sistemas de manejo de la alimentación, uno intensivo y otro pastoril, sobre el desarrollo corporal, el metabolismo energético y la prevalencia de las principales virosis en vaquillonas lecheras durante su recría en un campo comercial del departamento de Florida, Uruguay. Se utilizaron 265 terneras Holando y sus cruzas, divididas en dos grupos: un sistema de recría intensivo (SRI; n = 120) alimentado con una ración totalmente mezclada (RTM) y un sistema de recría tradicional pastoril (SRT; n = 145) basado en pastoreo rotativo de praderas con suplementación de silo. Durante nueve meses se realizaron registros mensuales de peso vivo, altura a la cruz y muestreos sanguíneos para la determinación de metabolitos energéticos (glucosa, β-hidroxibutirato, albúmina y ácidos grasos no esterificados) y de anticuerpos contra Leucosis Bovina Enzoótica (BLV) y Diarrea Viral Bovina (DVB). Los resultados mostraron una elevada circulación de DVB en ambos sistemas, con un aumento significativo de la seroprevalencia (SRI: 25 % a 69 %; SRT: 18 % a 79 %) y tasas de seroconversión de 58,6 % y 74,3 %, para SRI y SRT, respectivamente. Para BLV, la prevalencia se mantuvo estable en el SRI (26% a 31%) y aumentó significativamente en el SRT (31% a 45%). En cuanto al desarrollo corporal, las vaquillonas del SRI mostraron mayores pesos vivos (EEM 1,71; $p < 0,01$) y mayores ganancias diarias promedio (0,99 vs. 0,69 kg/día; EEM 0,016; $p < 0,01$), además de una tendencia a presentar una mayor altura a la cruz (EEM 0,002; $p < 0,01$). En el perfil metabólico, el SRI evidenció concentraciones superiores de glucosa (4,43 vs. 3,84 mmol/L) y albúmina (39,6 vs. 35,0 g/L), junto a menores niveles de BHB (0,42 vs. 0,53 mmol/L) y AGNEs (0,30 vs. 0,54 mmol/L), indicando un mejor balance energético y proteico. No se detectaron efectos significativos, pero sí se detectó una tendencia según el estatus sanitario frente a BLV o DVB sobre las variables productivas. En conjunto, las vaquillonas criadas bajo el sistema intensivo mostraron un desempeño corporal superior y un metabolismo más estable, mientras que las del sistema pastoril presentaron mayor movilización de reservas energéticas y un perfil compatible con mayor desafío metabólico. Los resultados confirman que el manejo de la alimentación influye directamente en la eficiencia de crecimiento y el equilibrio metabólico durante la recría, y que los campos de recría representan un punto crítico en la transmisión de DVB y BLV, destacando la necesidad de reforzar las medidas de bioseguridad y control sanitario en estos sistemas.

2. SUMMARY

This study evaluated the effect of two feeding management systems, one intensive and one pasture based system, on body development, energy metabolism, and viral prevalence in dairy heifers during rearing at a commercial facility in Florida, Uruguay. A total of 265 Holstein and crossbred heifers were assigned to an intensive rearing system (IFS; n=120), fed a total mixed ration (RTM), and a traditional pasture based system (TFS; n=145), managed under rotational grazing with silage supplementation. Over nine months, body weight, wither height, and blood samples were collected monthly to determine energy metabolites (glucose, β-hydroxybutyrate-BHB-, albumin, and non-esterified fatty acids-NEFA) and antibodies against Enzootic Bovine Leukosis (BLV) and Bovine Viral Diarrhea (BVD). Results showed high BVD circulation in both systems, with significant increases in seroprevalence (SRI: 25 % to 69 %; SRT: 18 % to 79 %) and seroconversion rates of 58,6 % and 74,3 %, for SRI and SRT, respectively. The BLV prevalence remained stable in IFS (26 % to 31 %) but increased significantly in TFS (31 % to 45 %). Regarding body development, heifers in the SRI showed higher body weights (SEM 1.71; $p < 0.01$) and greater average daily gains (0.99 vs. 0.69 kg/day; SEM 0.016; $p < 0.01$), as well as a trend toward greater withers height (SEM 0.002; $p < 0.01$). Metabolic profiles revealed higher glucose (4.43 vs. 3.84 mmol/L) and albumin (39.6 vs. 35.0 g/L) levels, along with lower BHB (0.42 vs. 0.53 mmol/L) and NEFA (0.30 vs. 0.54 mmol/L) concentrations in the intensive group, reflecting a more favorable energy-protein balance. No significant effects of BLV or BVD infection status were observed on growth parameters. Overall, heifers under the intensive system displayed superior body development and metabolic status, whereas pasture-based heifers showed greater mobilization of body reserves, indicative of a more demanding metabolic state. These findings confirm that feeding management directly affects growth efficiency and metabolic balance during rearing, and highlight the role of rearing farms as key points for viral transmission, emphasizing the importance of implementing stronger biosecurity and health control measures.

3. INTRODUCCIÓN

Durante el período 2011-2019, la lechería uruguaya experimentó cambios significativos, destacándose un aumento en el número de vacas en ordeñe y en la productividad individual, a pesar de una reducción en la superficie total dedicada a tambos y en el número de establecimientos lecheros, esto indica una tendencia hacia la concentración productiva, con menos tambos pero con mayor eficiencia y producción por animal (Dirección de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2020). Este incremento en la productividad se ha asociado, en gran medida, con mejoras en los planes de alimentación (Chilibroste & Battegazzore, 2014). Esta estrategia de intensificación de la producción de leche en Uruguay se ha basado en un incremento significativo en el uso de concentrados y reservas de forraje (DIEA, 2009) mientras que la cosecha directa de forraje por parte de los animales ha permanecido sin cambios significativos (Chilibroste et al., 2012). En sistemas de base pastoril la carga es el principal factor que determina la eficiencia del sistema impactando directamente en la producción y utilización de forraje por parte de los animales (Baudracco et al., 2010; McMeekan & Walshe, 1963) y en la eficiencia de conversión del alimento en leche (Romera & Doole, 2014).

En este contexto, la recría de hembras de tambo, se define como el período entre el destete y el primer parto, adquiere una importancia estratégica, ya que impacta directamente en la productividad futura de la vaca lechera (Mendoza et al., 2014). En Uruguay, los animales de reposición, terneras y vaquillonas, representan aproximadamente el 26 % del total del rodeo (DIEA, 2020), y su manejo dentro del propio establecimiento puede presentar diversas dificultades. Entre ellas se destacan la escasez de superficie disponible y la limitada mano de obra, que muchas veces se orienta prioritariamente al rodeo en producción (Álvarez & Astigarraga, 2006). Ante esta problemática, a partir de la década de 1980 surgieron en Uruguay los campos de recría (CR) como una alternativa viable para los productores lecheros. Un campo de recría es un predio especializado que recibe terneras provenientes de distintos establecimientos para criarlas hasta alcanzar el séptimo mes de gestación, momento en que retornan a su predio de origen como vaquillonas preñadas y próximas al parto. Esto permite al productor liberar hasta un 30 % de su superficie y aumentar el número de vacas en ordeñe, optimizando el uso de sus recursos (Álvarez, 1996).

El objetivo de la recría en estos sistemas es alcanzar el primer servicio a los 15 meses y el primer parto a los 24 meses, con un adecuado desarrollo corporal y mamario. Para ello, se pueden implementar distintas estrategias de alimentación, que varían desde sistemas confinados con raciones controladas hasta sistemas pastoriles con suplementación variable (James, 2011; Zanton & Heinrichs, 2005). En sistemas intensivos, donde los animales se encuentran alojados en corrales y reciben ración

totalmente mezclada (RTM), la alimentación depende completamente de la intervención humana y se busca una dieta altamente uniforme. No obstante, este tipo de manejo puede elevar los costos y aumentar la incidencia de enfermedades debido al hacinamiento. Por el contrario, los sistemas extensivos, basados en el pastoreo directo de praderas y/o verdeos, presentan menores costos de infraestructura y una mayor autonomía animal en la selección del forraje. Sin embargo, el crecimiento puede ser más lento y estar condicionado por la estacionalidad y la calidad de la pastura, además de exponer a los animales a parásitos y enfermedades propias del campo (Repetto et al., 2016).

Otro aspecto relevante es el manejo sanitario de los animales durante la recría, especialmente en los CR donde confluyen animales de diferentes orígenes. Esto exige un control riguroso para prevenir enfermedades que puedan afectar su desarrollo. Las exigencias sanitarias para ingresar a un CR incluyen pruebas negativas a brucelosis (Rosa de Bengala) y tuberculosis (tuberculina ano caudal), además de la exigencia de provenir de establecimientos no interdictos (DGSG/Nº118/012). Sin embargo, el control de otras enfermedades queda a criterio de cada establecimiento, lo que representa un desafío adicional para garantizar la sanidad del rodeo.

Asimismo, el estado metabólico de las vaquillonas durante la recría constituye un indicador clave del equilibrio entre nutrición, crecimiento y salud. Parámetros como la glucosa y la albúmina reflejan el estado energético y proteico del animal, respectivamente, mientras que el β-hidroxibutirato (BHB) y los ácidos grasos no esterificados (AGNE) permiten evaluar el balance energético y la movilización de reservas corporales (González et al., 2011). Estas variables metabólicas ofrecen una herramienta valiosa para comprender cómo las diferentes estrategias de alimentación y manejo influyen en el metabolismo de las recrías y, por ende, en su desempeño productivo y reproductivo futuro.

En suma, el sistema de manejo de la alimentación en los CR influye no solo en el desarrollo corporal y la productividad futura de las vaquillonas, sino también en parámetros metabólicos y sanitarios, elementos fundamentales para evaluar la eficiencia del sistema y su impacto en la cadena lechera, pero son escasos los antecedentes que evaluaron dichas variables en terneras-vaquillonas de recría. A su vez, no existen estudios de este tipo realizados en CR. En este sentido, esta tesis busca identificar las principales diferencias entre dos sistemas de recría: el intensivo y el extensivo. En este contexto, en la presente tesis se evaluará comparativamente el impacto de ambos sistemas sobre parámetros de crecimiento, metabolismo y salud, con el fin de aportar evidencia científica que contribuya a optimizar las prácticas de manejo en una etapa crítica del desarrollo productivo.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se presentan los principales antecedentes teóricos y estudios previos relacionados con los sistemas de recría de vaquillonas, el desarrollo corporal, el metabolismo energético y la dinámica sanitaria, con énfasis en las principales virosis de importancia productiva. La revisión tiene como objetivo contextualizar el presente estudio y fundamentar la elección de las variables evaluadas.

4.1 El contexto de la lechería uruguaya y los desafíos de la recría en los tambos

Durante 2024, la producción de leche en Uruguay experimentó una disminución del 4,6% en el período enero a septiembre, influenciada por un exceso hídrico en otoño y menores precios de la leche en tambo (Barboza, 2024). A su vez, la remisión a industrias fue de 2.039 millones de litros, lo que representa una caída del 3,6% respecto al año anterior, siendo este el nivel más bajo en los últimos cinco años (INALE, 2025). Más allá de este contexto coyuntural, la productividad individual por vaca ha mostrado una tendencia ascendente. En el año 2015, la producción anual por vaca masa fue de 4.768 litros, incrementándose progresivamente hasta alcanzar 5.888 litros en el año 2023. Este aumento sugiere mejoras en el manejo nutricional, la genética del rodeo y la eficiencia de los sistemas de producción (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca [MGAP], 2024). En contraposición al crecimiento en la productividad, se observa una disminución sostenida en el número de tambos. Desde 3.900 tambos en 2015, se pasó a aproximadamente 3.000 en el año 2023. De forma similar, el número de predios lecheros también descendió, indicando una consolidación del sector: menos productores manejan mayores volúmenes o han adoptado tecnologías que les permiten mayor eficiencia (MGAP, 2024). La superficie dedicada a la lechería se ha mantenido relativamente estable en torno a las 763 mil hectáreas en el año 2015, con un descenso a 652 mil hectáreas en 2023. Esto indica que, a pesar de la reducción en el número de tambos, el área total destinada a la actividad no se ha reducido proporcionalmente. Esto refuerza la eficiencia de los sistemas (MGAP, 2024). El tamaño del rodeo lechero total ha experimentado una leve caída, pasando de 767 mil vacunos en 2015 a 749 mil en el año 2023. A pesar de este descenso, la producción total de leche no se ha visto afectada negativamente gracias al incremento en la productividad por vaca (MGAP, 2024).

En este marco, el adecuado desarrollo de la recría cobra aún más relevancia, ya que, si bien el objetivo es que las vaquillonas alcancen su primer servicio a los 15 meses de edad y el primer parto a los 24 meses, durante años estos eventos se ubicaron en Uruguay con un promedio en los 26,6 y 35,6 meses, respectivamente. No obstante, en los últimos años se ha observado una mejora, aumentando de 24 % al 53 % la proporción de vaquillonas que logran parir antes de los 30 meses (Sotelo, 2022), lo que evidencia avances hacia una mayor eficiencia y rentabilidad en el sistema.

Sin embargo, este incremento en la productividad ocurrió en un contexto de contracción estructural. Durante el mismo período, el número de tambos se redujo a aproximadamente 3.000, y la superficie dedicada a la lechería cayó a unas 652.000 hectáreas. Esto sugiere una concentración de la producción en menos establecimientos, posiblemente más tecnificados y eficientes (INALE, 2025). Además, la producción lechera se ha concentrado geográficamente: los departamentos de San José, Colonia y Florida reúnen el 63,6% de los tambos del país y el 59% de la superficie destinada a esta actividad (MGAP, 2019).

Este proceso de intensificación ha generado desafíos, especialmente en la etapa de recría de vaquillonas. En muchos establecimientos, las limitaciones de tierra y mano de obra han llevado a priorizar los recursos para las vacas en producción, dejando la recría en segundo plano. Esto puede afectar negativamente el desarrollo de las vaquillonas, disminuyendo su desempeño reproductivo y productivo futuro. Frente a esta situación, se vuelve fundamental implementar estrategias de manejo más eficientes y tecnologías que aseguren una recría de calidad sin comprometer los recursos del predio. No obstante, la adopción de estas herramientas sigue siendo limitada, especialmente en tambos medianos y pequeños, lo que representa un desafío para la sostenibilidad del sistema.

4.2 La recría de vaquillonas lecheras: definición e importancia

La recría de terneras y vaquillonas es una etapa crítica del ciclo productivo de la vaca lechera, comprendida entre el destete (con un peso vivo de 120-150 kg) y el primer parto, que ocurre entre los 15 y 24 meses de edad. Durante esta fase se establecen las bases del desarrollo corporal, alcanzando aproximadamente el 55 % y el 80 % del peso adulto al momento del servicio y al primer parto, respectivamente (Patterson et al., 1992). Además del desarrollo corporal, ocurre el crecimiento de la glándula mamaria, podemos diferenciar dos tipos de crecimiento en este órgano, según el ritmo que alcanza en cada etapa. Hay momentos en que la glándula mamaria crece al mismo ritmo que el resto del cuerpo y se llama “crecimiento isométrico” (ISO), mientras que en otros momentos crece a un ritmo de 2 a 4 veces más rápido que el resto del cuerpo y se llama “crecimiento alométrico” (ALO) (Salado & Roskopf Perez, 2022).

Numerosos estudios coinciden en que las decisiones de manejo alimenticio durante la recría no solo afectan el crecimiento, sino también la programación metabólica y el desempeño reproductivo y productivo futuro. En particular, la composición de la dieta que reciben las vaquillonas durante la fase de crecimiento alométrico influye directamente sobre el desarrollo mamario. Se ha reportado que la relación entre proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) es clave para evitar efectos negativos sobre el tejido glandular. Dietas que contienen al menos 80 g de PC por cada Mcal de EM permiten ganancias superiores a 900 g/día sin comprometer el

desarrollo mamario, favoreciendo el depósito de tejido magro por sobre el graso y mejorando así la eficiencia alimenticia (Bach et al., 2021).

Por otro lado, el crecimiento corporal responde a un patrón sigmoidal, con una fase prepuberal acelerada seguida de una postpuberal de desaceleración. Aunque este patrón está determinado en parte por la genética, puede ser modificado por factores como el plano nutricional, el estado hormonal y el ambiente (Owens et al., 1993). La disponibilidad de nutrientes durante esta etapa condiciona no solo la tasa de crecimiento, sino también la composición corporal final. Restricciones severas en fases tempranas pueden reducir el tamaño maduro, mientras que un exceso energético en etapas intermedias puede promover el depósito graso prematuro, afectando negativamente la eficiencia futura y el desarrollo mamario (Owens et al., 1993).

En sistemas extensivos, en los cuales la base de la alimentación está representada por praderas y verdeos, el crecimiento puede verse restringido por la calidad de la dieta basada en pasturas. Si esta fase es seguida por realimentación, puede producirse un fenómeno de crecimiento compensatorio. Sin embargo, este no siempre refleja una verdadera ganancia en masa magra, ya que parte del aumento de peso puede corresponder a mayor contenido digestivo o masa visceral (Owens et al., 1993). Animales criados exclusivamente a pasto que luego son trasladados a sistemas intensivos pueden presentar mayor consumo de alimento, pero menor eficiencia de conversión, posiblemente por mayores requerimientos de mantenimiento o menor digestibilidad de la dieta (Owens et al., 1993).

En contraposición, dietas muy concentradas ofrecidas ad libitum durante la recría pueden inducir una excesiva deposición de grasa en la glándula mamaria, con consecuencias negativas para la producción lechera futura (Owens et al., 1993). Por ello, es fundamental manejar cuidadosamente la oferta nutricional durante esta etapa.

Desde el punto de vista económico, la recría representa una inversión significativa, ya que las vaquillonas aún no generan ingresos, pero sí consumen recursos. No obstante, una adecuada inversión en crecimiento y sanidad permite obtener animales con mejor desempeño reproductivo, mayor longevidad y producción lechera superior (González Besteiro, 2010). El objetivo principal de esta fase es asegurar que los animales alcancen su potencial productivo y contribuyan eficazmente al sistema productivo (Mendoza et al., 2014).

4.3 Campos de recría: origen, funcionamiento y beneficios

Los CR surgieron en Uruguay durante la década de 1980 como una estrategia para optimizar el uso de los recursos en los tambos (Álvarez, 1996). Esta iniciativa permitió a los productores liberar superficie productiva previamente destinada a la recría, lo que permitió un mayor enfoque en la producción lechera. La implementación de los

CR se enmarca dentro de las tecnologías organizacionales, que reorganizan los factores de producción, facilitando la adopción de nuevas prácticas por parte de los productores (Amaya García & Rivas de los Santos, 2012).

En estos campos, se reciben terneras con un peso vivo de entre 120 y 150 kg. Durante su estancia, las vaquillonas pasan por un proceso de alimentación adecuada, seguimiento sanitario y atención técnica, con el objetivo de que alcancen la pubertad entre los 12 y 15 meses de edad, y estén listas para el primer parto alrededor de los 24 meses, con un peso y condición corporal adecuados (Day & Anderson, 1998). De acuerdo a la información existente, en los CR de Uruguay a los 18 meses de edad se realiza la inseminación artificial, que permite acceder al uso de material genético mejorado a través de la incorporación de características productivas, como cantidad y calidad de leche y características reproductivas como la facilidad de parto. Posteriormente, se hace un repaso con toros para asegurar una alta tasa de preñez. Al finalizar el ciclo, las vaquillonas preñadas son devueltas a los productores para ingresar al ciclo productivo con aproximadamente siete meses de gestación, contribuyendo al crecimiento y eficiencia del sistema lechero (Costa et al., 2010). En los últimos 15 años el crecimiento del sector lechero se debió a un aumento de escala en términos de vaca masa (VM), categoría que incluye vacas en ordeñe, vacas secas y vaquillonas entoradas. Este valor se incrementa de 366 mil a 407 mil unidades VM entre 1992-2007 (MGAP, 2008). En el mismo período la productividad de la lactancia se incrementa de 1.700 a 3.875 l/VM, debido a la aplicación de nuevas tecnologías; más del 50% del área lechera tiene pasturas mejoradas y realiza un uso intensivo del suelo lo que, junto a la utilización de concentrados y ensilados, ha permitido el aumento de la producción por hectárea (Álvarez & Astigarraga, 2006).

Los CR se enmarcan dentro de las tecnologías organizacionales, que son un tipo dentro de las tecnologías de proceso. Estas consisten en organizar los factores de producción de manera tal que una determinada tecnología pueda ser adoptada por productores que no lo harían en condiciones individuales (Forjan, 2002). En ese sentido, los CR posibilitan una mayor economía de escala y eficiencia en aspectos como alimentación y sanidad, así como supuestamente un menor tiempo de las vaquillonas en alcanzar la categoría reproductiva.

En cuanto a los beneficios de un campo de recría, incluyen la liberación de tierra y mano de obra en el tambo de origen, lo que permite una mayor concentración de recursos en la producción lechera. Además, mejora la eficiencia del crecimiento de las terneras al estar en un sistema diseñado específicamente para optimizar la recría. Este modelo también homogeneiza los lotes, lo que facilita el manejo y la toma de decisiones en las etapas posteriores de producción. A su vez, reduce la edad al primer parto, lo que contribuye a aumentar la vida productiva de la vaca, maximizando su rentabilidad. Por último, fomenta el uso de genética de calidad mediante inseminación artificial, mejorando las características productivas y reproductivas del rodeo (Costa et al., 2010).

4.4 Implicancias del sistema de alimentación sobre el desarrollo corporal y el metabolismo durante la recría de vaquillonas

La alimentación es uno de los factores más determinantes en el desarrollo de las vaquillonas. Los sistemas de recría pueden variar entre el SRT, basado en el pastoreo de praderas y verdeos, y el SRI, caracterizado por el confinamiento de los animales, el uso de RTM y un control estricto de la ingesta (James, 2011; Zanton & Heinrichs, 2005). Los sistemas intensivos tienden a lograr ganancias de peso más elevadas (alrededor de 800 g/día), aunque exigen una mayor inversión y pueden incrementar los riesgos sanitarios, principalmente enfermedades respiratorias y digestivas (Bach et al., 2021; Zanton & Heinrichs, 2005). En contraposición, los sistemas pastoriles son menos costosos y más “naturales” con relación a los hábitos de los rumiantes, pero están sujetos a la variabilidad estacional de las pasturas y presentan menor control nutricional que los sistemas confinados (Repetto et al., 2016), alcanzando estos últimos ganancias promedio de 500 g/día.

Una adecuada estrategia alimenticia durante la recría es crucial para asegurar que las vaquillonas alcancen su potencial productivo. La nutrición determina el ritmo de crecimiento, el desarrollo de estructuras corporales clave (como la glándula mamaria) y el momento de entrada en la pubertad, con efectos que se proyectan sobre la vida productiva del animal (De la Quintana Rivoir, 2017). Además, en Uruguay se ha descrito un descenso estacional en la ganancia de peso vivo durante el verano en comparación con la primavera (Simeone, 2000). Este fenómeno se atribuye a la menor calidad de las pasturas y a las condiciones meteorológicas adversas, que reducen el consumo voluntario y aumentan los requerimientos energéticos de mantenimiento (NRC, 2000). La exposición a altas temperaturas y humedad compromete la capacidad de disipar calor, incrementando la temperatura corporal y generando un balance energético negativo (Leaño, 2008; Berreta et al., 2013). Estudios realizados en Florida, Estados Unidos demostraron que vacas secas sin acceso a sombra produjeron terneros con menor peso al nacimiento que aquellas con sombra disponible, evidenciando el impacto del estrés térmico materno sobre el crecimiento y metabolismo fetal (West, 1992). Estas observaciones subrayan la importancia de considerar tanto el ambiente térmico como el sistema de alimentación en la recría, dado su efecto combinado sobre la eficiencia metabólica y el desarrollo corporal.

En los CR de Uruguay, el manejo de la alimentación generalmente se realiza en base a un sistema pastoril (Carli Borges et al., 2020) con carga fija a lo largo del año, lo que, debido a la producción estacional del tapiz, genera períodos de déficit y exceso de forraje. Esto se traduce en variaciones en la presión de pastoreo y en una evolución errática del peso vivo, con pérdidas durante el invierno que comprometen el desarrollo de los reemplazos, e incrementa el tiempo de estadía en el CR. En estas condiciones,

las vaquillonas son servidas a los 27–30 meses, cuando tendrían capacidad potencial para lograrlo antes (Andregnette Karlen, 1997). La principal problemática del sistema es la disponibilidad de alimentos para la formulación de dietas adecuadas en las vaquillonas de reposición, ya que la combinación de los mismos puede provocar un aumento de peso diario inadecuado (Pedraza, 2019). En este sentido, en el CR de La Cruz desde el año 2021 se comenzó a implementar un sistema de manejo de la alimentación en forma intensiva, y cada productor puede optar por cuál sistema prefiere para recriar a sus animales.

De acuerdo con Baldi et al (2010), un estudio en novillos de carne recriados exclusivamente a corral obtuvieron mejores resultados en la etapa de terminación, presentando una mayor eficiencia de conversión alimenticia, mayor ganancia de peso vivo y mejores características de la canal, como mayor espesor de grasa subcutánea y mayor presencia de grasa intramuscular, en comparación con aquellos recriados a pasturas. Estos resultados refuerzan que la intensificación alimentaria durante la recría puede tener efectos persistentes sobre la composición corporal y la eficiencia metabólica, aun cuando la terminación ocurra posteriormente a pasto. Por otro lado, Sejrsen & Purup (1997) señalaron que, en vaquillonas de reemplazo, una alimentación excesiva en la etapa prepuberal puede reducir la producción futura de leche. No obstante, este efecto no siempre se observa, ya que puede depender de factores como la duración de los tratamientos, las diferencias de crecimiento entre grupos o la aplicación fuera del período crítico. Aunque el mecanismo no está completamente comprendido, la evidencia indica que el problema se relaciona con un desarrollo insuficiente de la glándula mamaria. Diseñar dietas de alto crecimiento sin afectar la futura producción requiere comprender cómo la nutrición regula dicho desarrollo, posiblemente a través del eje hormona de crecimiento (GH), sus proteínas de unión y otros factores de crecimiento que modifican la sensibilidad del tejido mamario (Sejrsen & Purup, 1997).

En Uruguay, en base a una revisión de diferentes experimentos, se ha reportado que las vaquillonas sometidas a un mejor plan de alimentación durante cuatro meses después del destete lograron una mayor ganancia de peso (0,8 vs. 0,6 kg/día) y tendieron a presentar concentraciones más altas de GH durante el período de tratamiento, en comparación con aquellas bajo un plan de alimentación menor. Sin embargo, las vaquillonas con mayor nivel de alimentación no alcanzaron la pubertad antes, y al día 350 de vida la proporción de animales que habían alcanzado la pubertad fue menor (0,47 vs. 0,78). Aun así, las vaquillonas con mejor alimentación pesaban 45 kg más al alcanzar la pubertad (Fiol & Mendoza, 2024).

Estudios recientes en sistemas pastoriles de recría en Irlanda mostraron que la fase post-destete constituye un punto crítico para la eficiencia metabólica y el desempeño futuro. McCarthy et al (2022) observaron que, tras el destete, las vaquillonas presentaron una disminución de glucosa plasmática y un incremento transitorio de BHB, indicando la adaptación del metabolismo ruminal y, en algunos casos, un

balance energético negativo. Asimismo, el crecimiento durante el primer invierno estuvo estrechamente asociado con la disponibilidad energética de la dieta, confirmando que déficits nutricionales en esta etapa comprometen el desarrollo corporal y retrasan la pubertad.

En la misma línea, Costigan et al (2022) demostraron que el plano nutricional post-destete tuvo un efecto más determinante sobre el peso y las medidas corporales que la edad de destete, evidenciando la importancia de sostener un nivel energético adecuado tras la transición a la dieta sólida. Estos resultados respaldan que la gestión alimentaria durante la recría particularmente en sistemas pastoriles con marcada estacionalidad es un factor decisivo para alcanzar las metas de crecimiento y la eficiencia reproductiva.

Diferentes estudios reportaron diferencias en los parámetros productivos entre animales mantenidos a corral ó a pastoreo. Dos compararon la performance productiva entre vacas mantenidas en confinamiento total con suministro de concentrados (promedio: 9,9 kg/vaca/día) con vacas en pastoreo sin concentrado. En conjunto, las vacas confinadas mostraron mayor ingesta de materia seca (+4,2 kg/día), mayor producción de leche (+7,6 kg/día), mayor producción de grasa + proteína (+0,46 kg/día) y mejor condición corporal (2,9 vs. 2,5) que las vacas en pastoreo (Arnott et al., 2015). De manera similar, se compararon vacas en confinamiento total (12,3 kg/vaca/día de concentrado) con vacas en pastoreo (7,5 kg/vaca/día) mostraron que las confinadas presentaron mayor ingesta de MS (+2,3 kg/día), mayor producción de leche (+4,0 kg/día), mayor producción de grasa + proteína (+0,29 kg/día) y mejor condición corporal (2,8 vs. 2,6) (Arnott et al., 2015). Por su parte, un estudio reciente en el AFBI-Hillsborough (Agri food and Biosciences Institute) comparó vacas en confinamiento total y vacas en pastoreo, ambas recibiendo la misma cantidad de concentrado (8,0 kg/vaca/día). Aunque la producción diaria de leche no se vio afectada, el contenido graso fue menor en el sistema de pastoreo (3,80 % vs. 4,27 %), resultando en una menor producción diaria de grasa + proteína (1,94 vs. 2,11 kg/vaca) (Arnott et al., 2015).

De forma análoga, en ovejas se evaluó cómo diferentes sistemas de manejo (intensivo, semi-intensivo y extensivo) afectaban el crecimiento, la digestibilidad de nutrientes, el rendimiento reproductivo y la incidencia de enfermedades. Se encontró que las ovejas en sistemas intensivos alcanzaron la pubertad a menor edad y con mayor peso corporal, atribuible a una mejor nutrición y menores niveles de estrés. En contraste, se observó una mayor incidencia de enfermedades en sistemas extensivos, especialmente durante la temporada de lluvias, debido a la exposición a parásitos y condiciones climáticas adversas (Karthik et al., 2021). Por otra parte, Owens (1993) destaca que la alimentación intensiva en fases tempranas puede alterar la composición de la canal, favoreciendo una deposición grasa anticipada y comprometiendo la eficiencia futura. A su vez, la alimentación restrictiva durante fases

iniciales puede limitar el tamaño maduro si no es seguida por una realimentación adecuada.

En síntesis, la mayor parte de los estudios señalan una ventaja de los sistemas de alimentación intensivos sobre el desarrollo corporal de los animales en comparación con los sistemas pastoriles, pero de acuerdo a la bibliografía consultada, son escasos los estudios que evaluaron la incidencia de enfermedades entre ambos sistemas. A su vez, existen escasos antecedentes que reporten los efectos de ambos sistemas de alimentación en vaquillonas lecheras en crecimiento.

4.5 Metabolitos

Los metabolitos plasmáticos representan herramientas claves para evaluar el estado nutricional y el equilibrio energético de las vaquillonas durante la recría. Entre los más utilizados como indicadores del estado nutricional y de adaptación metabólica se encuentran la glucosa, la albúmina, los ácidos grasos no esterificados (AGNEs) y el β-hidroxibutirato (BHB). Su análisis permite comprender la respuesta metabólica frente a distintos sistemas de alimentación.

La glucosa refleja la disponibilidad de energía inmediata; los AGNEs y el BHB indican movilización de reservas corporales ante balances energéticos negativos, y la albúmina es un marcador del estado proteico y funcionalidad hepática (Van Hoeij et al., 2019). Diversos estudios han evaluado los efectos de ofrecer dietas con distinto contenido energético, comparando estrategias intensivas (mayor densidad energética, dieta totalmente mezclada, mayor oferta de materia seca) frente a sistemas extensivos o de menor concentración nutricional. Ferraretto et al (2013) evaluaron el efecto de diferentes estrategias de alimentación durante el período de transición en la vaca lechera, comparando dietas preparto con ingesta energética controlada frente a la oferta ad libitum. Los autores reportaron que la restricción moderada de energía antes del parto redujo la movilización lipídica, evidenciada por menores concentraciones de AGNE y BHB en sangre. Asimismo, las vacas bajo restricción presentaron una menor pérdida de condición corporal en comparación con aquellas alimentadas sin limitaciones, lo cual contribuyó a un equilibrio metabólico más estable.

En resumen, la literatura revisada respalda fuertemente la idea de que el sistema de manejo de la alimentación en la recría de vaquillonas lecheras influye de manera integral en parámetros productivos (crecimiento y edad al primer parto), metabólicos (glucosa, AGNEs, BHB, albúmina) y sanitarios (riesgo de enfermedades asociadas al desbalance energético). La elección de un sistema intensivo o extensivo debe considerar no solo el objetivo productivo, sino también el impacto fisiológico a largo plazo sobre el animal.

En un seguimiento longitudinal de vaquillonas lecheras bajo sistemas pastoriles y de recría contratada, McCarthy et al (2022) reportaron variaciones significativas en los metabolitos energéticos durante la recría. En la transición post-destete se observó una reducción de glucosa y un aumento de BHB, mientras que durante el invierno se evidenció un incremento de AGNE y BHB asociado a un menor crecimiento y a dietas de baja calidad energética. Las vaquillonas manejadas bajo alimentación más controlada presentaron concentraciones más estables de glucosa y menores indicios de movilización lipídica, lo que sugiere un mejor equilibrio metabólico.

Glucosa

La glucosa es la principal fuente de energía para tejidos dependientes como el sistema nervioso, riñón y glándula mamaria, y en rumiantes se produce casi exclusivamente por gluconeogénesis hepática a partir de propionato, debido a la fermentación ruminal que impide su absorción directa (Relling & Mattioli, 2014). Su homeostasis es regulada por hormonas como insulina, glucagón y cortisol, siendo crucial durante etapas críticas como el periparto o la recría. En esta última, una adecuada disponibilidad de glucosa metabolizable en equilibrio con la proteína metabolizable se asocia con un mejor crecimiento, eficiencia alimenticia y salud metabólica (Wang et al., 2020). La glucosa tiene un papel fundamental en las diferentes etapas fisiológicas del animal, como la recría y su crecimiento. Aunque la demanda de glucosa durante la recría de vaquillonas no sean tan alta como en vacas de producción, si la alimentación es insuficiente los niveles de glucosa pueden bajar y habrá movilización de reservas corporales (Kunz et al., 1985). Estas evidencias refuerzan la importancia del aporte de precursores glucogénicos en la alimentación estratégica de vaquillonas en crecimiento.

En este sentido, el tipo de sistema de alimentación influye directamente sobre la disponibilidad de precursores glucogénicos y, por ende, sobre la concentración plasmática de glucosa. En los SRT, basados en pastoreo y sujetos a la variabilidad estacional de la oferta forrajera, la proporción de carbohidratos fermentables y el aporte energético suelen ser más inestables, lo que puede reducir la producción hepática de glucosa y aumentar la dependencia de la movilización de reservas corporales durante los períodos de restricción (McCarthy et al., 2022). En contraste, los SRI, que emplean RTM o suplementación controlada, aseguran una provisión más constante de energía y de precursores como el propionato ruminal, favoreciendo una gluconeogénesis más eficiente y concentraciones plasmáticas de glucosa más estables (Costigan et al., 2022). De acuerdo con estos hallazgos, las vaquillonas alimentadas bajo esquemas intensivos tienden a mostrar un perfil metabólico más favorable, caracterizado por mayor glucosa y menor BHB, lo que refleja un mejor balance energético y una mayor eficiencia en la utilización de nutrientes.

Albúmina

La albúmina sérica bovina (BSA) es la proteína plasmática más abundante en bovinos, con concentraciones normales entre 35 y 50 g/L. Entre sus principales funciones se destacan la regulación de la presión oncótica, que asegura el equilibrio osmótico entre los compartimentos vasculares y tisulares, y su elevada capacidad de unión a metabolitos endógenos como AGNEs, hormonas y bilirrubina, lo que la convierte en un transportador clave durante los estados de balance energético negativo (Belinskaia et al., 2021). De este modo, la albúmina facilita la movilización de lípidos desde el tejido adiposo hacia los órganos periféricos, contribuyendo al suministro de energía en momentos críticos como la transición metabólica periparto. Aunque sus niveles se mantienen relativamente estables, pueden disminuir ante desnutrición, enfermedades hepáticas o inflamación crónica, lo que la convierte en un buen indicador del estado proteico y hepático, especialmente en condiciones de estrés o manejo extensivo (Belinskaia et al., 2021). Asimismo, posee propiedades antioxidantes gracias a la presencia de un grupo tiol libre que le permite neutralizar radicales libres, participando en la defensa contra el estrés oxidativo y en la preservación de la integridad celular. En conjunto, estas funciones reflejan que la albúmina no solo actúa como proteína de transporte y reserva, sino también como un componente central en la regulación metabólica y la protección fisiológica de los rumiantes (Belinskaia et al., 2021). Estudios también han demostrado que factores como la paridad pueden influir en el perfil metabólico y el estrés oxidativo en vacas lecheras, observándose variaciones en los niveles de albúmina y otros biomarcadores según el número de lactancias (Yehia et al,. 2020).

En vaquillonas mantenidas en sistemas de recría intensivos, donde la oferta de nutrientes y la calidad proteica son constantes y adecuadas, se esperaría encontrar concentraciones de albúmina más altas o estables, reflejando una buena síntesis hepática de proteínas, un balance energético positivo y menor exposición a estrés metabólico u oxidativo. Por el contrario, en sistemas pastoriles o tradicionales, donde la dieta depende de la disponibilidad estacional de pasturas y puede haber períodos de restricción nutricional o desbalance energético, podrían observarse niveles ligeramente menores de albúmina, como consecuencia de una menor disponibilidad de proteína metabolizable, mayor demanda energética para el mantenimiento y una posible respuesta inflamatoria o de estrés metabólico.

Ácidos Grasos No Esterificados (AGNEs)

Los AGNEs (o NEFA por sus siglas en inglés) son biomarcadores claves del estado energético en rumiantes, ya que su concentración plasmática se eleva cuando los animales entran en balance energético negativo (BEN), movilizando tejido adiposo para cubrir sus requerimientos metabólicos. Esta situación es común en fases de alta demanda, como el periparto en la vaca lechera o en condiciones de alimentación deficiente. Valores plasmáticos superiores a 0,4 - 0,6 mmol/L antes del parto se han

asociado con una disminución en la producción de leche, alteraciones metabólicas y peores resultados reproductivos, lo que refuerza su utilidad como biomarcador de riesgo metabólico. Aunque este análisis se enfoca en vacas lecheras adultas, sus implicancias son extrapolables a vaquillonas en recría, ya que niveles persistentemente elevados de AGNEs podrían reflejar desbalances energéticos crónicos que comprometen el desarrollo corporal, hepático y reproductivo (Choi et al., 2023). Diversos estudios han demostrado que el sistema de manejo productivo influye en las concentraciones de AGNEs, siendo generalmente más elevados en bovinos en sistemas intensivos con RTM y menor actividad física, en comparación con animales manejados en sistemas pastoriles, donde la mayor actividad diaria promueve una utilización más eficiente de los lípidos y un estado metabólico más estable (Adewuyi et al., 2005). En este sentido, Van Hoeij et al (2019) destacan la importancia del monitoreo de metabolitos como glucosa, AGNEs y BHB para evaluar la salud metabólica y ajustar estrategias nutricionales que favorezcan un desarrollo armónico y eficiente en hembras en crecimiento. En vaquillonas mantenidas en sistemas pastoriles con restricción estacional, las concentraciones de AGNEs tienden a aumentar por mayor movilización de grasa corporal, mientras que en sistemas intensivos o con alimentación balanceada se mantienen en valores más bajos, indicativos de un balance energético más favorable (McCarthy et al., 2022).

β-hidroxibutirato (BHB)

El BHB es el principal cuerpo cetónico circulante en rumiantes, sintetizado en el hígado a partir de ácidos grasos no esterificados (AGNEs) mediante cetogénesis, especialmente en condiciones de balance energético negativo (BEN), como el posparto, el ayuno o el estrés metabólico, cuando la disponibilidad de glucosa es limitada (Relling & Mattioli, 2014). Este metabolito actúa como fuente alternativa de energía para tejidos periféricos, pero su concentración elevada indica una cetogénesis activa y un déficit en los precursores gluconeogénicos (Zhang et al., 2023). Aunque la mayoría de los estudios se han centrado en vacas en producción, la evidencia creciente sugiere que en vaquillonas en recría, niveles elevados de BHB también reflejan un aporte energético insuficiente, lo que puede comprometer el crecimiento corporal, la salud metabólica y el futuro desempeño reproductivo (INIA, 2024). No obstante, ciertas restricciones energéticas moderadas pueden ser beneficiosas para la eficiencia reproductiva, al evitar pérdidas excesivas de condición corporal (Douglas et al., 2006). Por lo tanto, el monitoreo del BHB en vaquillonas constituye una herramienta diagnóstica clave para ajustar estrategias nutricionales durante la recría, promoviendo un desarrollo armónico y una preparación óptima para la futura vida productiva.

En coincidencia, los niveles de BHB suelen ser más altos en animales sometidos a deficiencias energéticas post-destete, y disminuyen bajo planes alimentarios intensivos que aseguran un crecimiento sostenido (McCarthy et al., 2022).

4.6 Parámetros sanitarios y desafíos en campos de recría

La sanidad en los CR es un aspecto clave para el éxito del sistema. Estos campos reúnen animales que provienen de diferentes tambos, lo que puede aumentar el riesgo de que se propaguen enfermedades entre ellos. Aunque se exige que todos los animales tengan pruebas negativas para brucelosis y tuberculosis, dos enfermedades muy importantes, bajo campaña sanitaria, no existen controles obligatorios y uniformes para otras enfermedades que también pueden afectar negativamente la producción, como la Diarrea Viral Bovina (BVD) o la Leucosis Bovina Enzoótica (BLV).

La BVD es causada por un pestivirus ARN de la familia *Flaviviridae*, y es una de las enfermedades virales más relevantes en la producción bovina a nivel mundial por sus efectos en la salud y rendimiento productivo. Se reconocen dos genotipos principales (BVDV-1 y BVDV-2) y un tercero emergente (Pestivirus HoBi-like), (Maya et al., 2018). En Uruguay, los primeros estudios serológicos reportaron prevalencias elevadas a nivel de establecimientos y animales. Mederos e Hirigoyen (1997), en un estudio en predios lecheros del noreste del país, hallaron una prevalencia individual del 72% y predial del 97%, confirmando la amplia diseminación del virus. Saizar (1998), estimó una seroprevalencia entre 97–100% de predios positivos y entre 60–72% a nivel individual, en rodeo de carne con valores que se mantuvieron consistentes en distintos relevamientos posteriores.

De forma coincidente, Repiso et al (2005) observaron en rodeos de carne en diferentes departamentos, una seroprevalencia promedio de 67% en animales no vacunados y con el 98% de los establecimientos positivos, evidenciando la endemia viral en los sistemas intensivos del sur del país. Estos resultados fueron respaldados por los análisis de Macchi et al (2018), quienes describieron en rodeos lecheros y de carne, una seroprevalencia individual promedio del 80,9% y predial del 98,8% sin diferencias entre regiones o sistemas de producción, lo que evidencia que la DVB permanece como una infección endémica en la ganadería uruguaya. La transmisión del virus se da principalmente por vía horizontal a través de un animal infectado a otro susceptible por contacto directo con secreciones oculares, nasales, saliva, leche, semen, fluidos fetales, orina y heces (Repiso et al., 2005). También puede transmitirse verticalmente de la madre al feto, lo que puede generar animales inmunotolerantes, que son aquellos persistentemente infectados (PI), ya que se infectan entre el día 30-120 de preñez, antes de que se dé el desarrollo del sistema inmune, así eliminan el virus de por vida sin mostrar signos clínicos y no produce anticuerpos, convirtiéndose en una fuente silenciosa de infección (Maya et al., 2018; Repiso et al., 2005). También la infección durante la gestación más avanzadas lleva a la muerte embrionaria, abortos, efectos teratogénicos. En ocasiones puede nacer un ternero normal. El virus genera inmunosupresión, trastornos digestivos, respiratorios y fallas reproductivas generando un gran impacto económico. Actualmente Uruguay no cuenta con programas de control o erradicación de esta enfermedad y puede que exista un subdiagnóstico dado que se limita a la remisión de muestras por parte de los productores por abortos o problemas reproductivos en los rodeos.

La BLV es una enfermedad viral crónica infectocontagiosa, causada por un retrovirus ARN de la familia *Retroviridae*, que afecta células de la línea linfoide, principalmente

los linfocitos B CD5+. El virus también persiste en células como los monocitos y macrófagos. Puede llegar a infectar en forma inaparente a un elevado porcentaje de los animales del establecimiento (60%) o puede evolucionar a una linfocitosis persistente (30–35%) y finalmente al desarrollo tumoral (linfosarcomas), que suele manifestarse entre los 5 y los 8 años en un bajo porcentaje de la población (5–10%) (WOAH, 2018). Se transmite fundamentalmente por vía horizontal, especialmente mediante prácticas iatrogénicas como el uso de agujas, material quirúrgico o guantes contaminados, secreción nasal, saliva, semen. También puede haber transmisión vertical, un 15% de los casos y tiene lugar cuando un animal infectado lo transmite a la progenie por vía transplacentaria o vía digestiva a través del calostro. La mayor proporción de linfocitos infectados se encuentra en la sangre, por lo tanto cualquier medida de manejo o práctica veterinaria como extracción de sangre, insectos hematofagos, vacunación, descorne, aplicación de inyectables, palpación rectal que se practique sin tomar medidas profilácticas correspondientes es una importante forma de diseminación de la enfermedad por vía iatrogénica (Divers et al., 1995; Hopkins & Di Giacomo, 1997).

En cuanto al impacto productivo, si bien la mayoría de los animales infectados no presenta signos clínicos evidentes, la infección genera inmunosupresión, predisponiendo a infecciones secundarias, deterioro del estado sanitario, lo que puede traducirse en menor producción de leche, menor eficiencia reproductiva, y una vida útil más corta, generando pérdidas económicas significativas tanto directas como indirectas (WOAH, 2018; Silveira & Fraga, 2020). Es por esto que BLV condiciona a mercados internacionales, ya que es una infección viral difundida a nivel mundial. *World Organisation for Animal Health* (WOAH) establece que los países y establecimientos que exportan material genético, animales vivos o productos lácteos deben garantizar el origen libre de la enfermedad. Por esta razón, la erradicación del virus se ha transformado no solo en un objetivo sanitario, sino también en un requisito comercial para la competitividad del sector lechero.

En Uruguay, la leucosis bovina fue diagnosticada por primera vez en 1952 y desde entonces se mantiene como una enfermedad endémica en la ganadería lechera. Los estudios más recientes muestran prevalencias muy elevadas: Silveira & Fraga (2020) reportaron que el 95% de los tambos uruguayos presentan al menos un animal positivo, con una prevalencia individual promedio del 79%. La infección aumenta con el tamaño del rodeo, alcanzando 65 % en tambos pequeños, 77% en medianos y 82% en tambos grandes. Asimismo, estudios realizados en CR del sur del país evidencian altas tasas de transmisión en animales jóvenes, con seroconversiones cercanas al 40–50% durante su permanencia en el sistema (Algorta et al., 2014). Esta situación refleja la amplia diseminación del virus en el país y la ausencia de un programa nacional de control o erradicación.

El control de la enfermedad en Uruguay se enfrenta a múltiples desafíos. Por un lado, la alta prevalencia y la convivencia prolongada de animales positivos y negativos favorecen la transmisión horizontal continua. Por otro lado, la adopción de medidas de bioseguridad como el uso de agujas descartables, la desinfección del material obstétrico y quirúrgico o la separación de animales positivos no es homogénea entre productores (Silveira & Fraga, 2020). Además, la inexistencia de un programa

nacional de erradicación y la ausencia de vacunas eficaces dificultan el control. El Manual de la WOAH (2024) enfatiza que la prevención se basa en medidas estrictas de manejo y diagnóstico, siendo la eliminación progresiva de animales infectados la herramienta más efectiva para reducir la prevalencia.

Estas enfermedades pueden afectar seriamente la salud de los animales, interfiriendo en la eficacia de los programas de vacunación y comprometiendo la productividad. En particular, la BLV ha demostrado disminuir la efectividad de vacunas fundamentales, como la de la fiebre aftosa (Puentes et al., 2016), y afectar la salud de las ubres (Watanabe et al., 2019), lo que repercute negativamente sobre la producción de leche. En Uruguay, este tipo de enfermedades siguen siendo comunes, y afectan tanto la capacidad reproductiva de las vaquillonas como su rendimiento futuro (De Brun Méndez, 2022). Además, se ha observado que los animales que ya están infectados o tienen defensas más bajas suelen tener menores tasas de preñez y una peor respuesta a las vacunas, lo que puede generar pérdidas económicas importantes para los productores (Bartlett et al., 2014). Estos hallazgos coinciden con investigaciones nacionales donde se evidenció que, en vaquillonas de recría, la positividad al BLV se asoció a una reducción cercana al 26% en la tasa de preñez, posiblemente relacionada con fallas en la respuesta inmune y menores tasas de concepción en períodos críticos del manejo reproductivo (Algorta et al., 2014).

Por eso, es fundamental mantener un buen control sanitario, que incluya pruebas de diagnóstico al ingresar al campo, un plan de vacunación completo y un seguimiento constante de la salud reproductiva (Carli Borges et al, 2020; De Brun Méndez, 2022).

4.7 Integración de los sistemas de recría, salud y nutrición

La integración efectiva de los sistemas de recría, salud y nutrición en vaquillonas es crucial para maximizar su potencial productivo y sanitario. Una visión integral que contemple simultáneamente la alimentación, el ambiente, el manejo y los controles sanitarios repercute no solo en la productividad individual sino también en la rentabilidad del sistema lechero a largo plazo. Una alimentación adecuada durante la recría es fundamental para el desarrollo óptimo de las vaquillonas. Un estudio realizado por Salado & Roskopf Pérez (2012) destaca que una dieta bien formulada influye directamente en el desarrollo de la glándula mamaria, lo que a su vez impacta en la futura producción de leche. Además, una nutrición equilibrada contribuye a mejorar la salud general de los animales, reduciendo la incidencia de enfermedades y mejorando la eficiencia reproductiva.

Implementar estrategias de manejo adecuadas es esencial para optimizar la recría. Según Darré et al (2015), una alternativa semi-intensiva que incluye una mejor alimentación y manejo puede reducir la edad al primer parto, aumentar la producción de leche a lo largo de la vida útil de la vaca, aumentando así la rentabilidad del sistema

lechero. Este enfoque también permite una mejor utilización de los recursos disponibles y mejora la salud y el bienestar de las vaquillonas (Darré et al., 2015).

La recría de terneras y vaquillonas tiene un impacto directo en la productividad y la longevidad de las vacas. Heinrichs & Heinrichs (2011) demostraron que factores como el peso al nacimiento, la ganancia de peso durante la etapa de ternera y la salud inicial influyen significativamente en la producción de leche durante la primera lactancia, la producción vitalicia y la edad al retiro del rodeo. Estos resultados indican que una recría cuidadosamente manejada con nutrición adecuada, control sanitario, monitoreo del crecimiento y atención a las necesidades individuales de cada animal puede mejorar la eficiencia productiva y reproductiva del sistema lechero. En consecuencia, la planificación y seguimiento de la recría son elementos clave para maximizar el potencial genético de los animales, reducir riesgos sanitarios y optimizar la rentabilidad del establo. Integrar los sistemas de recría, salud y nutrición es esencial para maximizar el potencial productivo y sanitario de las vaquillonas. Una visión integral que contemple todos estos aspectos no solo mejora la productividad individual de los animales, sino que también aumenta la rentabilidad y sostenibilidad del sistema lechero en su conjunto.

5. HIPÓTESIS

Las vaquillonas criadas en un SRI presentarán un mayor desarrollo corporal, que estará vinculado a un metabolismo energético más favorable, pero presentarán una mayor incidencia de enfermedades infecciosas, en comparación con las vaquillonas criadas en un SRT.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de dos sistemas de alimentación, uno pastoril y otro intensivo, sobre el desarrollo corporal, el metabolismo energético y la prevalencia a dos virosis de las vaquillonas durante los primeros 9 meses de estadía en un CR comercial.

6.2 Objetivos específicos

1-Determinar el estatus sanitario contra BLV y DVB de los animales mantenidos en un SRI y SRT al ingreso y a los 9 meses de estadía en un campo de recría comercial.

2-Determinar la evolución de peso vivo, ganancias diaria de peso vivo, y altura a la cruz en cada uno de los sistemas de recría (tradicional e intensivo).

3-Comparar el metabolismo energético entre los dos sistemas de recría mediante la evaluación de indicadores bioquímicos como glucosa, albúmina, BHB Y AGNEs (tradicional e intensivo).

4-Relacionar el estatus sanitario para BLV y DVB con los parámetros productivos en cada sistema de recría (SRT Y SRI).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describe el diseño experimental del estudio, el origen y manejo de las vaquillonas, las características de los sistemas de recría evaluados, así como los procedimientos de muestreo, análisis de laboratorio y metodología estadística utilizados para el análisis de los datos.

7.1 Animales y manejo en el campo de recría

El experimento se llevó a cabo en un CR comercial del Departamento de Florida-Uruguay, donde se realiza la recría de terneras de raza Holando, Jersey y sus cruzas de diferentes productores lecheros de la zona. Los animales ingresaron con aproximadamente 100 y 120 kg de peso vivo y permanecen en el campo alrededor de 18-20 meses hasta su regreso al productor original con 7 meses aproximadamente de gestación. Como requisito sanitario para el ingreso de los animales al predio, se exige que presenten resultados negativos a tuberculosis, brucelosis y certificado de vacunación de aftosa. Cada productor selecciona el sistema en el cual quiere realizar la recría de sus animales, SRT o SRI.

El manejo nutricional en ambos grupos de seguimiento fue el mismo que el realizado en el resto del CR. En el SRT, los animales se manejaban en franjas con un sistema rotativo de cambio diario, y en situaciones puntuales la franja era cambiada cada dos días, las cuales dependen en su área en cuanto a la disponibilidad forrajera durante el año. El pastoreo consistió principalmente en pasturas de raigrás manejadas mediante una parcela diaria que se rotaban a las 8:00 hrs. Durante la noche, los animales recibían silo de maiz o sorgo, aproximadamente 10 kg por animal de MS. El objetivo en este sistema es alcanzar los 500 gr de ganancia/día. En cuanto al SRI, las vaquillonas fueron mantenidas en un corral de encierre el cual consta aproximadamente de 600m2, siendo la superficie por animal de 27m2, donde se le suministraban la RTM, formuladas con el objetivo de lograr ganancias diarias de 800 gr. La alimentación en el SRI se basó en una RTM, estimada en 9 kgs por animal/día (Tabla 1), compuesta por 80% por ensilaje de maíz y en un 20% por una ración comercial con un contenido proteico del 20%.

Durante el período comprendido entre octubre de 2024 y mayo de 2025 se registraron mensualmente por parte de los tecnicos del CR los valores de consumo de materia seca (MS) para SRI y la disponibilidad forrajera para SRT (Tabla 1). Las mediciones de los alimentos se realizaron a mediados de cada mes por el equipo técnico del establecimiento.

Tabla 1. Disponibilidad forrajera en el lote de terneras mantenidas en un sistema de recría tradicional y consumo estimado en el lote de terneras mantenidas en un sistema de recría intensivo de octubre a mayo. Las terneras del SRT pastorearon praderas de primer y segundo año y el consumo se estimaba de 1 ha/día.

Mes	Consumo MS (kg)	Disponibilidad forrajera (kg MS/ha)
Octubre	6,0	1000
Noviembre	7,5	700
Diciembre	8,0	850
Enero	8,0	600
Febrero	8,0	750
Marzo	8,0	1200
Abril	10,0	920
Mayo	10,0	830

7.2 Muestreo

Para trabajar con los animales se contó con el protocolo aprobado de la Comisión honoraria de experimentación animal (CHEA) número 1794.

Se trabajaron con los ingresos del año 2024, que fueron 784 terneras al SRI (agosto) y de 600 terneras al SRT (septiembre). Al ingreso de ambos grupos de terneras al CR, se realizó la extracción de muestras de sangre a través de la venopunción de la vena coccígea. Las muestras obtenidas se destinaron al análisis serológico para la detección de anticuerpos contra dos virosis, así como a la determinación de metabolitos sanguíneos indicadores del estado nutricional y metabólico. Asimismo, se registró el peso vivo y la identificación individual de cada animal según su productor de origen. Todas las terneras son vacunadas contra *Clostridium spp.*, y aquellas asignadas al sistema intensivo recibieron, además, una vacunación específica contra queratoconjuntivitis infecciosa bovina.

Adicionalmente, se evaluó la variación en la prevalencia y tasa de seroconversión (TSC) de DVB y BLV en SRI y SRT, tanto al ingreso de los animales al predio como a los nueve meses de estadía. La TSC fue calculada considerando la proporción de animales que pasaron de seronegativos a seropositivos entre el inicio y el final del estudio. Para ello, las muestras de sangre obtenidas en ambos momentos fueron destinadas al diagnóstico serológico de estas enfermedades.

Luego de realizado dicho manejo inicial, en cada sistema de recría SRT y SRI se

conformó un grupo experimental homogéneos en edad y peso vivo al ingreso: 1) SRT (n = 145 terneras), y 2) SRI (n = 120 terneras). En los dos grupos experimentales de ambos sistemas, a lo largo de toda la duración del experimento (agosto-septiembre 2024 a mayo 2025) se realizó un seguimiento del peso vivo mensual, mediante la pesada de los animales individualmente en una balanza estática (Tru-test). Para ello, los animales eran trasladados a las mangas, a primera hora de la mañana. A partir de dichos registros, se calculó la ganancia diaria de peso vivo (GDPV) como la diferencias entre los registros entre dos pesadas dividida el número de días entre ambas. A su vez, se registró la altura a la cruz con un distanciómetro (bosch professional GLM 20): se colocaba una regla provista con el distanciómetro sobre la cruz del animal en estación y sobre una superficie plana.

En los mismos períodos en que se realizaron las pesadas (8.00 a 12.00 h), se extrajo sangre por venopunción coccígea en dos tubos con (Sodium Fluoride/K3EDTA) y sin anticoagulante para la determinación de la concentración de metabolitos (Betahidroxibutirato, AGNE, albúmina, glucosa).

7.3 Análisis de laboratorios

Preparación de las muestras

Previo a la determinación de los metabolitos y anticuerpos, las muestras de sangre obtenidas se mantuvieron a temperatura ambiente durante 2 a 4 horas y luego fueron refrigeradas hasta su posterior procesamiento a nivel de laboratorio. Posteriormente, se centrifugaron a 3500 rpm durante 15 minutos, separándose el suero y el plasma, los cuales se conservaron a −20 °C hasta su análisis.

Determinación de anticuerpos contra virosis de interés productivo

Las muestras de suero tomadas al inicio del experimento (ingreso al CR) y al momento del inicio de la inseminación fueron evaluadas mediante ELISA de anticuerpos (Ac) comerciales contra BLV y DVB. Se utilizaron kits comerciales de la marca IDEXX (referencia P00645-5 DVB y referencia P02140-10 BLV). Las muestras fueron procesadas siguiendo las indicaciones del fabricante incluidas en el manual de instrucciones del kit ELISA utilizado.

Determinación de metabolitos

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Endocrinología y Metabolismo Animal de la Facultad de Veterinaria. Las concentraciones de los metabolitos vinculados al metabolismo energético (BHB, AGNEs, glucosa y albúmina) se determinaron mediante espectrofotometría (Espectrofotómetro A25, BioSystem S.A., Barcelona, España), utilizando kits comerciales del mismo fabricante (BioSystem S.A., Barcelona, España).

7.4 Análisis de resultados

Se utilizó el paquete estadístico SAS® On Demand for Academics. El análisis de las diferentes variables relacionadas al desarrollo corporal y metabolismo energético se realizó a través de un modelo mixto lineal ó generalizado (de acuerdo a la distribución normal ó no normal de cada variable) de medidas repetidas en el tiempo, considerando como efectos fijos el sistema de recría (SRI y SRT), el período de medición, y la interacción entre el sistema y el período de medición. Como efectos aleatorios se incluyó el animal y el productor de origen de cada animal. El PV y la altura a la cruz al ingreso al CR de las vaquillonas fueron incluídos como co-variables en el modelo.

Con relación a los aspectos sanitarios, se realizaron asociaciones entre la seropositividad de las diferentes enfermedades (BLV, DVB) con los parámetros de desarrollo y el metabolismo energético entre ambos sistemas de manejo. Se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) entre sistema y estatus sanitario y los diferentes parámetros mencionados. Mediante test de CHI2 se comparó la prevalencia de enfermedades en cada sistema y se determinó el riesgo de transmisión de cada enfermedad con la siguiente: prevalencia final - prevalencia inicial/ (1-prevalencia inicial) para cada virosis (BLV y DVB).

8. RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos durante el período experimental, correspondientes al estatus sanitario, desarrollo corporal y el metabolismo energético de las vaquillonas recriadas bajo dos sistemas productivos (intensivo y tradicional). Los datos se analizan considerando los efectos del sistema, del período y de su interacción, a partir de las medias ajustadas obtenidas mediante modelos estadísticos.

8.1 Estatus sanitario contra BLV y DVB

En el caso de la DVB, se observó un aumento significativo en la proporción de animales positivos en ambos sistemas, durante los 9 meses de estadía en el CR. En el SRI, la prevalencia aumentó de 25% (30/120) al ingreso a 69% (65/94) al final del período experimental ($p < 0,01$). Mientras que, en el SRT, la prevalencia pasó de 18% (25/141) a 79% (108/137), también con un aumento significativo ($p < 0,01$), (Figura 1).

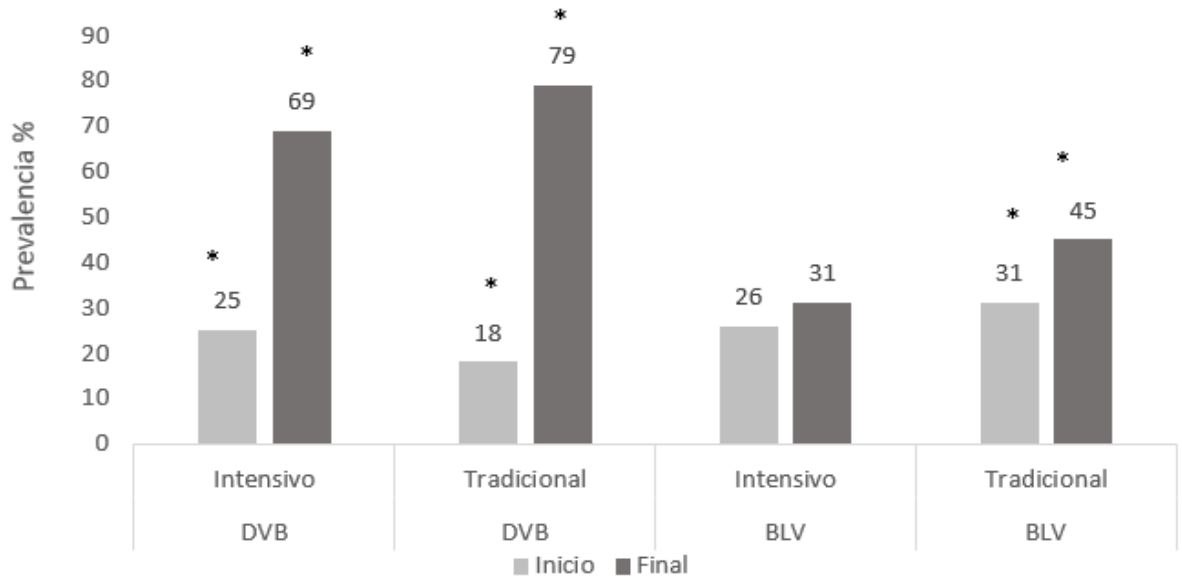


Figura 1. Prevalencia serológica de DVB y BLV por sistemas (Intensivo: terneras mantenidas a corral; Tradicional: terneras mantenidas a pasturas) al inicio y final del estudio. Los asteriscos muestran diferencias significativas entre terneras de ambos sistemas dentro de cada periodo.

En cuanto a la BLV, en SRI la prevalencia se mantuvo estable (26 % a 31 %), sin diferencias significativas ($p = 0,43$). En cambio, en SRT, la prevalencia aumentó de 31 % a 45 %, mostrando un incremento significativo ($p = 0,02$).

La tasa de seroconversión (TSC) durante el período de experimento fue considerablemente mayor para DVB en comparación con BLV. En SRI, la TSC para DVB fue de 58,6%, mientras que para BLV fue de 6,75%. Por otro lado, en las terneras del SRT la TSC fue más elevada para ambos virus, en comparación con las terneras del SRI: para DVB, la seroconversión alcanzó 74%, y para BLV fue de 20%.

8.2. Desarrollo Corporal

El análisis de los efectos fijos mostró diferencias significativas entre grupo, periodo e interacción grupo × periodo para la mayoría de las variables evaluadas.

A continuación, se presentan los resultados generales del análisis estadístico de las tres variables productivas evaluadas PV, GDPV y AC. La Tabla 2 muestra las medias ajustadas para cada grupo, así como los valores de p asociados a los efectos de grupo, período y la interacción grupo × período obtenidos a partir del modelo lineal mixto.

Estos resultados permiten identificar las diferencias globales entre los sistemas de recría (tradicional e intensivo) y la evolución de cada variable a lo largo del tiempo, proporcionando una visión general previa al análisis detallado de cada indicador.

Tabla 2. Medias ajustadas y valores de significancia (p) para peso vivo (PV), ganancia diaria de peso vivo (GDPV) y altura a la cruz (AC) según sistema, período e interacción sistema*periodo en terneras mantenidas en un Sistemas de recría intensivo (SRI) y terneras mantenidas en un Sistema de recría a pasturas o tradicional (SRT). Grupo 1 corresponde al SRI y grupo 2 corresponde al SRT.

					P		
	Grupo 1	EEM	Grupo 2	EEM	Grupo	Periodo	Grupo*Periodo
PV, kg	299,2	1,71	266,95	1,52	p<0,01	p<0,01	p<0,01
GDPV, kg/d	0,992	0,016	0,696	0,014	p<0,01	p<0,01	p<0,01
AC, m	1,20	0,0027	1,19	0,0024	0,0579	p<0,01	p<0,01

Con respecto al PV, se detectaron efectos significativos de grupo ($p < 0,01$), del periodo ($p < 0,01$) y de la interacción grupo × periodo ($p < 0,01$). El PV aumentó progresivamente a lo largo de los seis períodos ($p < 0,01$), evidenciando el crecimiento continuo de los animales durante el ensayo. Las terneras del SRI mostraron PV consistentemente superiores en todos los períodos, con aumentos pronunciados desde el período 3 en adelante, alcanzando los valores más altos al final del ensayo (Período 6), en comparación con las terneras del SRT (Figura 2).

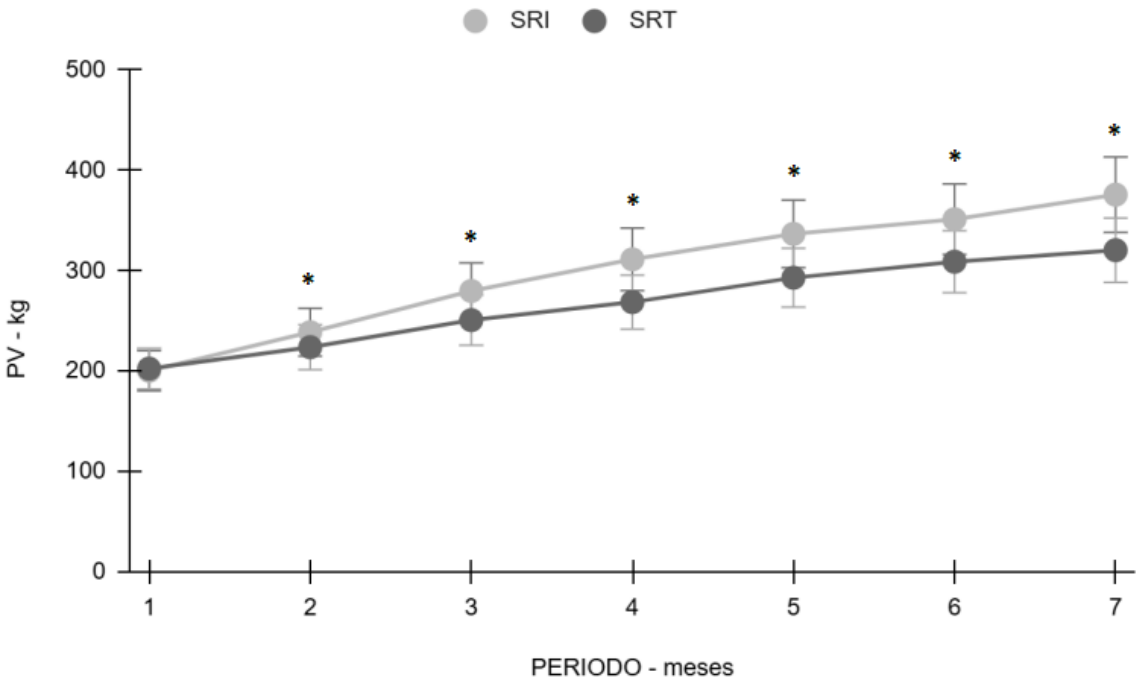


Figura 2. Diferencias entre periodos para peso vivo (PV) en terneras mantenidas en un sistema de recría intensivo (SRI) y terneras en un sistema de recría tradicional (SRT). Los asteriscos muestran diferencias significativas (P < 0,05) entre sistemas dentro de cada periodo.

En la GDPV también se observaron efectos significativos de grupo ($p < 0,01$), de periodo ($p < 0,01$) y de la interacción grupo × periodo ($p < 0,01$). En ambos grupos, la GDPV mostró valores elevados en los primeros períodos, con una disminución marcada hacia los períodos intermedios (3–4) y una posterior recuperación parcial hacia los períodos finales. Sin embargo, el patrón de cambio difirió entre tratamientos, evidenciado por la interacción grupo × período donde la misma fue significativa ($p < 0,01$), indicando que la respuesta productiva difirió entre tratamientos a lo largo del ensayo. Las diferencias estadísticas entre grupos se observaron únicamente en los Períodos 1, 2, 4 y 6. En los Períodos 1, 2 y 6, el SRI presentó una GDPV mayor que el SRT. En el Período 4, la situación se invirtió: el SRT mostró valores de GDPV superiores al SRI (Figura 3). En los Períodos 3 y 5 no se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos.

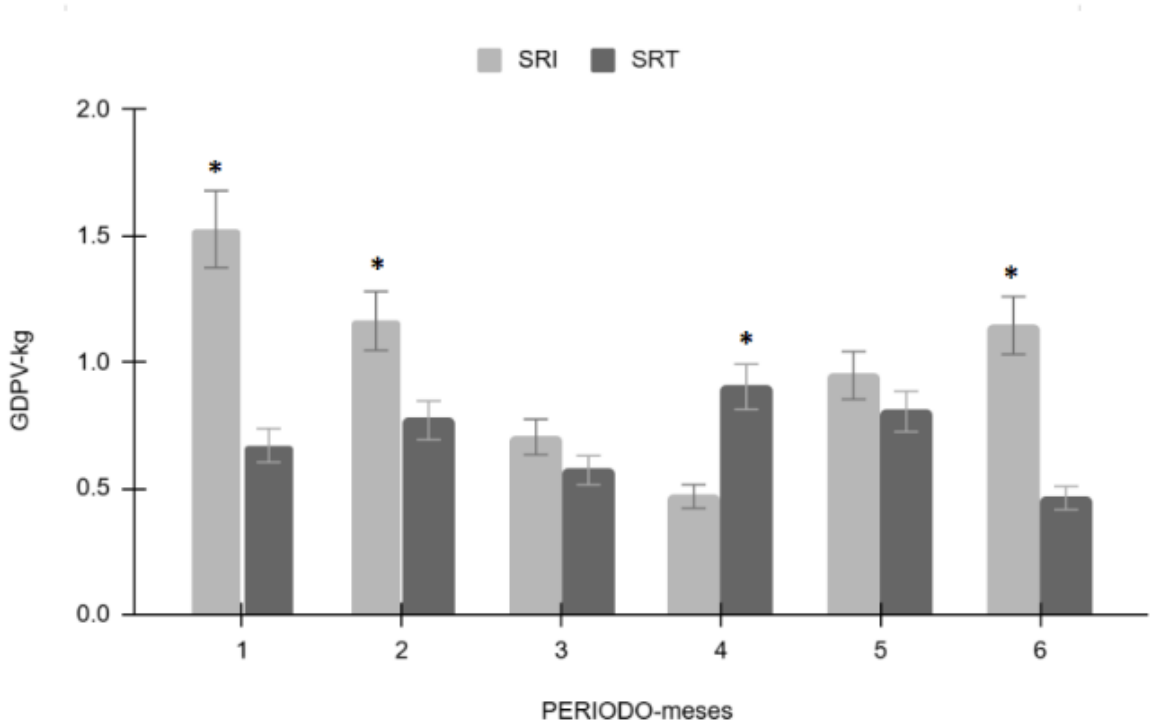


Figura 3. Diferencias entre períodos en las GDPV según sistema, período e interacción en terneras mantenidas en un sistema de recría intensivo (SRI) y terneras en un sistema de recría tradicional (SRT). Las barras representan las medias ajustadas (LSM) ± error estándar obtenidas del modelo lineal mixto. Los asteriscos muestran diferencias significativas entre sistemas dentro de cada periodo.

En cuanto a la AC, se observaron efectos significativos de período ($p < 0,01$) y de la interacción grupo × período ($p < 0,01$), mientras que existió una tendencia ($p = 0,06$) a que el SRI presentara valores superiores en comparación con el SRT. La comparación entre los sistemas SRI y SRT mostró diferencias variables a lo largo de los períodos evaluados. En el Período 1, el SRI presentó un valor significativamente mayor que el SRT. En los Períodos 2, 3 y 4 no se observaron diferencias significativas entre ambos sistemas, indicando valores similares para SRI y SRT. Posteriormente, en el Período 5, el SRI volvió a mostrar un valor significativamente superior al SRT, de igual manera sucedió durante el Período 6 y 7 donde el SRI superó significativamente al SRT (Figura 4).

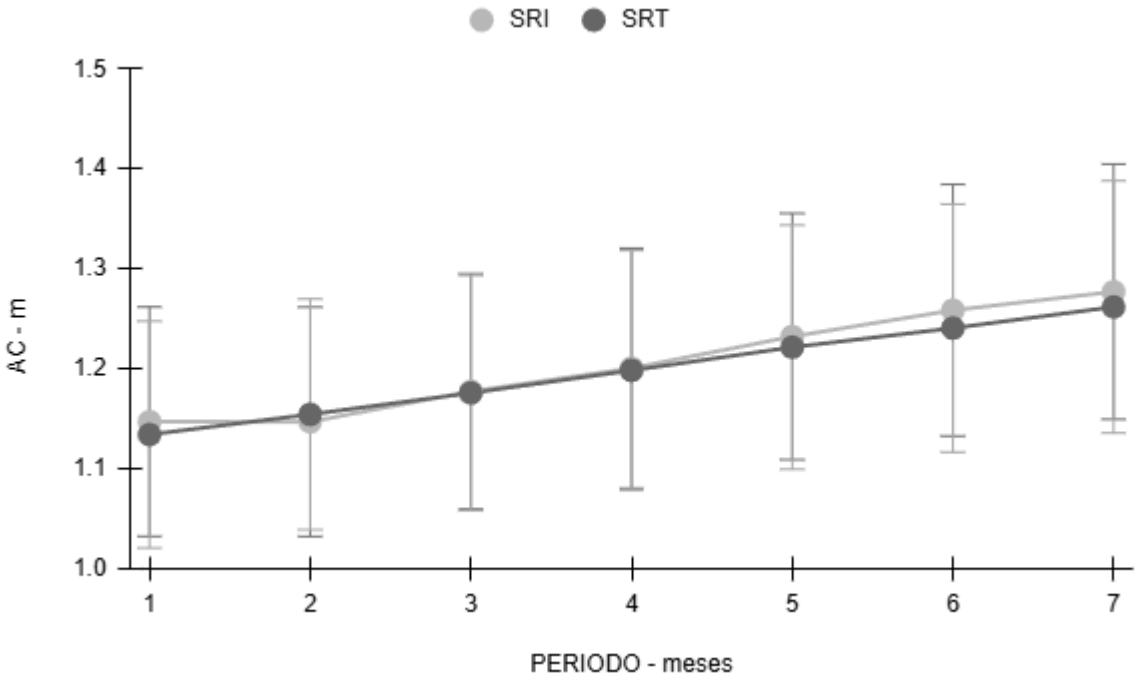


Figura 4. Diferencias entre períodos para altura de la cruz (AC) según sistema, período e interacción en terneras mantenidas en un sistema de recría intensivo (SRI) y terneras en un sistema de recría tradicional (SRT). Las barras representan las medias ajustadas (LSM) ± error estándar obtenidas del modelo lineal mixto. Los asteriscos muestran diferencias significativas entre sistemas dentro de cada periodo.

8.3 Indicadores del metabolismo energético en los sistemas de recría tradicional e intensivo.

Se observaron diferencias significativas en las concentraciones séricas de albúmina entre los sistemas de recría ($p < 0,01$): las vaquillonas del SRI presentaron valores promedio superiores en comparación con las del SRT (39,6 ± 0,54 para SRI vs 35,0 ± 0,51 para SRT g/L). Asimismo, se detectó un efecto significativo del período ($p = 0,03$), evidenciándose una tendencia general al descenso de la albúmina a lo largo del tiempo. La interacción grupo × período resultó también significativa ($p < 0,01$), evidenciándose mayores concentraciones de albúmina de las terneras del SRI en todos los periodos evaluados sobre las terneras del SRT (Figura 5).

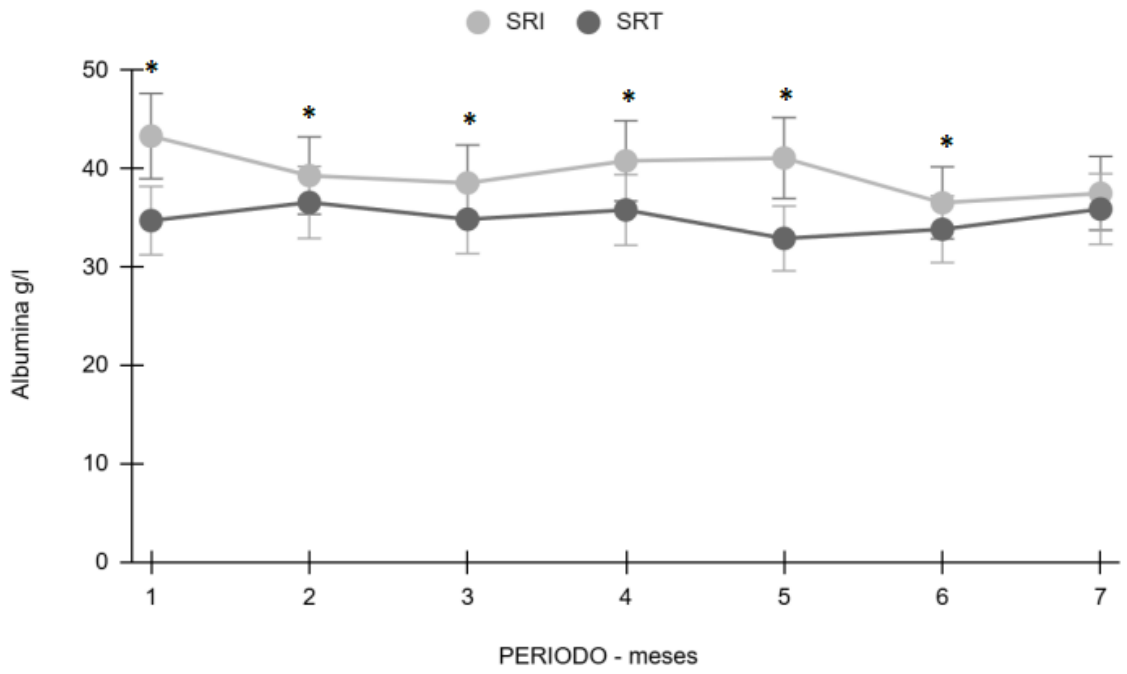


Figura 5. Diferencia entre periodos para Albúmina según sistema, período e interacción en terneras mantenidas en un sistema de recría intensivo (SRI) y terneras en un sistema de recría tradicional (SRT). Los asteriscos muestran diferencias significativas entre sistemas dentro de cada periodo.

Las concentraciones séricas de glucosa también mostraron diferencias significativas entre los sistemas de recría ($p < 0,01$), siendo superiores en el SRI respecto al SRT (4,43 ± 0,03 vs 3,84 ± 0,03 mmol/L). El efecto de período también fue significativo ($p < 0,01$), con variaciones leves a lo largo del tiempo: los valores más elevados se registraron en los períodos 2 y 3, mientras que el período 6 presentó las concentraciones más bajas. En todos los períodos, el SRI mantuvo valores superiores al SRT; sin embargo, la magnitud de esa diferencia no fue constante. Esta variación en la brecha entre sistemas indica una interacción significativa grupo × período ($p < 0,01$), evidenciando que el comportamiento relativo de ambos sistemas depende del momento dentro del ciclo de recría (Figura 6).

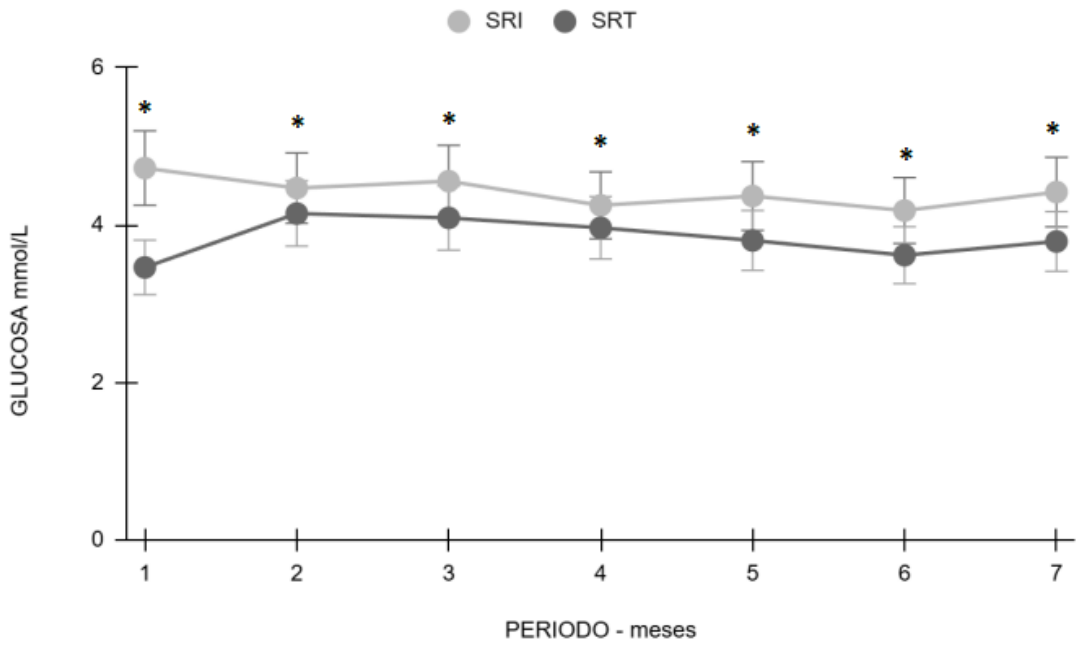


Figura 6. Diferencia entre periodos para Glucosa según sistema, período e interacción en terneras mantenidas en un sistema de recría intensivo (SRI) y terneras en un sistema de recría tradicional (SRT). Los asteriscos muestran diferencias significativas entre sistemas dentro de cada periodo.

Las concentraciones séricas de BHB mostraron diferencias significativas entre los sistemas de recría ($p < 0,01$). Las vaquillonas del SRT presentaron valores medios superiores respecto a las del SRI (0,53 ± 0,01 para SRT vs 0,42 ± 0,01 para SRI mmol/L). El efecto de período fue significativo ($p < 0,01$), observándose un incremento progresivo de las concentraciones de BHB a lo largo del tiempo, que alcanzaron los valores más altos en los últimos períodos. La interacción grupo × período también fue significativa ($p < 0,01$): en los períodos 1, 2, 3 y 7, las vaquillonas del SRT presentaron valores superiores que las vaquillonas SRI, mientras que en el período 5 las concentraciones de BHB fueron mayores en las vaquillonas del SRI en comparación con las vaquillonas del SRT. En los períodos 4 y 6 no se detectaron diferencias significativas entre ambos grupos ($p > 0,05$), (Figura 7).

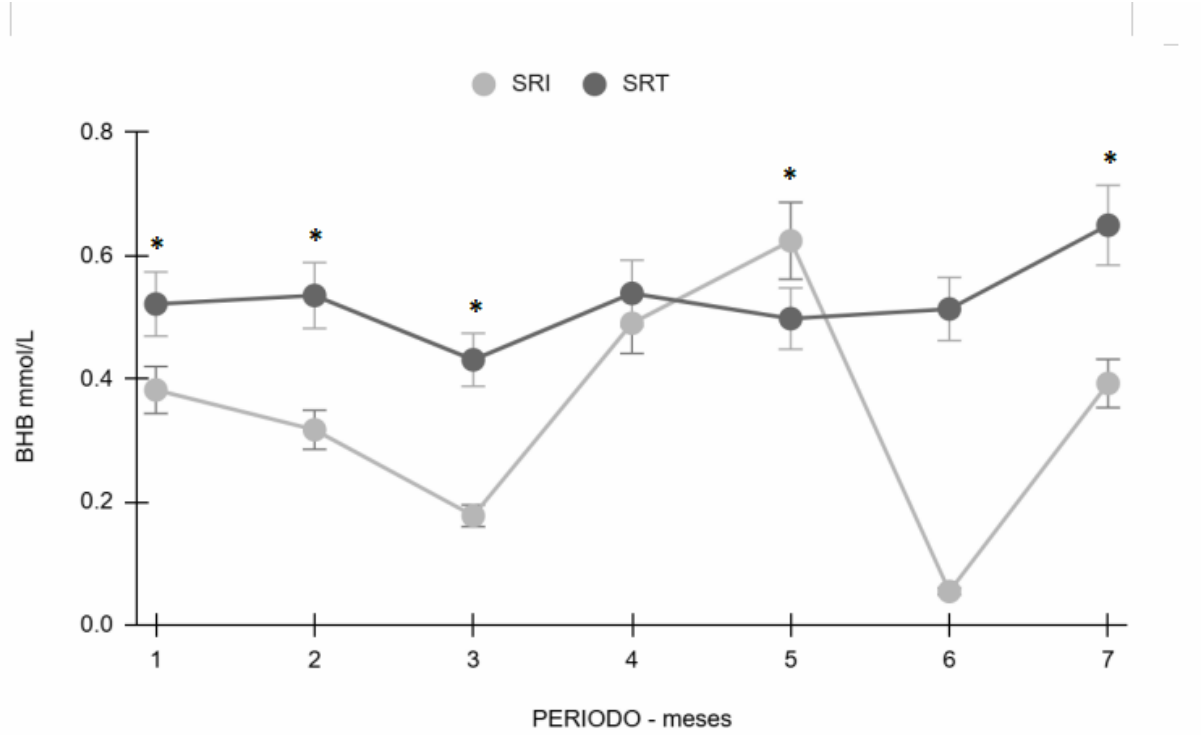


Figura 7. Diferencia entre periodos para BHB según sistema, período e interacción en terneras mantenidas en un sistema de recría intensivo (SRI) y terneras en un sistema de recría tradicional (SRT). Los asteriscos muestran diferencias significativas entre sistemas dentro de cada periodo.

Al igual que el resto de los metabolitos, las concentraciones séricas de AGNEs difirieron significativamente entre los sistemas de recría ($p < 0,01$): las vaquillonas del SRT presentaron valores promedio más elevados en comparación con las vaquillonas del SRI (0,54 ± 0,01 para SRT vs 0,30 ± 0,01 para SRI mmol/L). El efecto de período fue significativo ($p < 0,01$), observándose una disminución progresiva de los valores desde los primeros hasta los últimos períodos, particularmente en el período 1 (0,85 mmol/L) en el SRT y (0,39 mmol/L) en el SRI, donde se alcanzaron los valores más bajos (períodos 4 y 5), seguida de una leve recuperación hacia el final del ensayo con leves incrementos en los períodos 6 y 7. La interacción grupo × período fue significativa ($p < 0,01$), mostrando niveles consistentemente más elevados en el SRT, en los periodos 1, 3, 4, 5, 6, y 7 las terneras del SRT obtuvieron niveles de AGNES más elevados en comparación con las terneras del SRI, sucediendo lo contrario en el periodo 2, donde las terneras del SRI obtuvieron valores más altos que las terneras del SRT. (Figura 8).

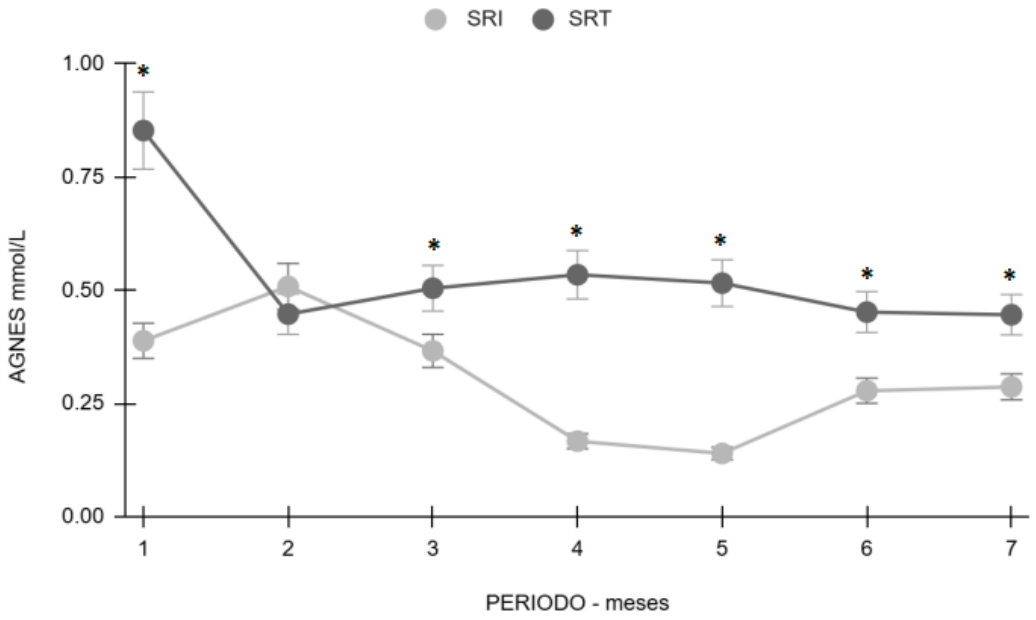


Figura 8. Diferencias entre periodos para ácidos grasos no esterificados (AGNES) según sistema, período e interacción en terneras mantenidas en un sistema de recría intensivo (SRI) y terneras en un sistema de recría tradicional (SRT). Los asteriscos muestran diferencias significativas entre sistemas dentro de cada periodo.

8.4 Relación entre el estatus sanitario (BLV) y los parámetros productivos en los sistemas de recría tradicional e intensivo.

En la evaluación del efecto del estatus sanitario para BLV sobre los parámetros productivos, no se detectaron efectos significativos de la enfermedad ni en la GDPV ($p > 0,1$) ni en el PV ($p > 0,1$). Sin embargo, se detectó una tendencia ($p = 0,06$) a diferencias entre combinaciones de grupo y período según el estatus sanitario. Las mayores medias ajustadas se registraron en el grupo SRI, particularmente en las terneras positivas a BLV (nivel 1) se observaron las mayores brechas entre SRI y SRT, con diferencias altamente significativas en prácticamente todos los períodos ($p < 0,01$), evidenciando que este fue el nivel donde el SRI mostró la superioridad más marcada. En las negativas (nivel 2), las diferencias fueron menores y más variables, con ausencia de significancia en los primeros períodos y significancia recién a partir del período 3. En las seroconvertidas (nivel 3), la magnitud de las diferencias también fue menor que en las positivas, con varios períodos sin significancia al inicio y significancias recién a partir del período 4. En conjunto, esto confirma que el mayor contraste entre sistemas se dio en las terneras BLV positivas, mientras que en las negativas y seroconvertidas las diferencias entre SRI y SRT fueron más atenuadas. (Figura 9)

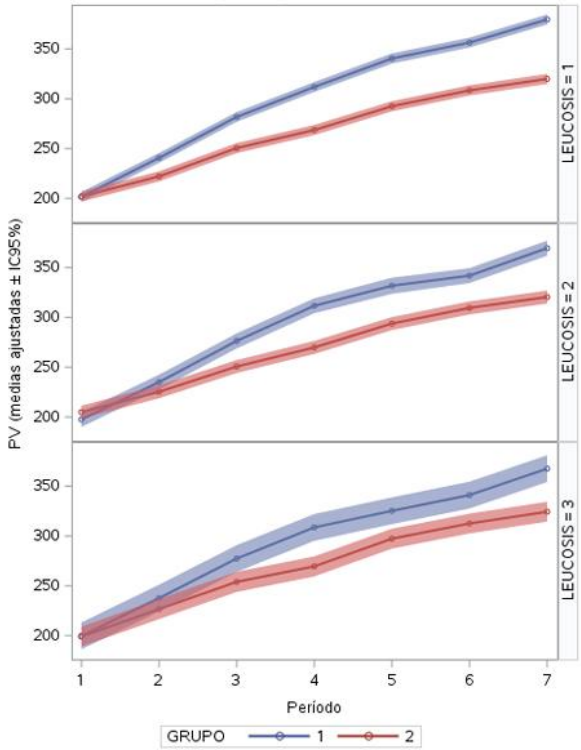


Figura 9. Evolución del peso vivo (PV) a lo largo de los diferentes periodos en vaquillonas mantenidas en un Sistema de recría intensivo (Grupo 1) y en un Sistema de recría a pasturas (Grupo 2), de acuerdo al estatus sanitario para Leucosis. 1: positivo, 2: negativo y 3: seroconversión.

9. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman la elevada circulación de DVB en los rodeos uruguayos, evidenciada por las altas tasas de seroconversión observadas tanto en SRI como en SRT. La diferencia en la magnitud de dicha seroconversión entre sistemas sugiere una influencia directa del manejo sobre la transmisión viral. Si bien la seroconversión fue alta en ambos sistemas, se observó una leve mayor proporción de animales que seroconvirtieron en el SRT, lo que indica que, en determinadas condiciones de manejo pastoril, la exposición al virus puede igualar o incluso superar la registrada en sistemas intensivos.

Los animales utilizados provenían de distintos establecimientos y fueron reunidos en un único predio, situación que aumenta la probabilidad de introducir y diseminar patógenos (Mederos e Hirigoyen, 1998; Repiso et al., 2005). En este contexto, la seroconversión a DVB fue elevada en ambos sistemas, con valores de 59 % en el SRI y 74 % en el SRT, lo que indica la ocurrencia de infecciones recientes en animales previamente susceptibles. En concordancia, la prevalencia de DVB mostró aumentos marcados en ambos sistemas: en SRI pasó de 25 % a 69 %, mientras que en SRT

aumentó de 18 % a 79 %, reflejando una fuerte presión de infección durante el período evaluado.

En el SRI, la mayor densidad animal, el contacto estrecho y el manejo intensivo favorecen el contagio horizontal por secreciones corporales y fómites (Repiso et al., 2005). Por ello, la literatura suele asociar un mayor riesgo de transmisión con sistemas de mayor densidad y proximidad entre animales. Sin embargo, este resultado no necesariamente contradice lo reportado previamente, ya que se ha señalado que el determinante principal de la dinámica de infección es la presencia de animales PI y los patrones de contacto dentro y entre rodeos, más que el tipo de sistema en sí mismo (Walz et al., 2020). En este sentido, estudios de factores de riesgo muestran que la introducción de animales y, particularmente, el uso compartido de pasturas o el contacto con bovinos de otros predios en pastoreo aumentan las probabilidades de infección por DVB (Van Roon et al., 2020). Bajo este marco, es plausible que en nuestro trabajo las condiciones de manejo del SRT, incluyendo el origen de los animales, los movimientos y los contactos durante el pastoreo, hayan favorecido una mayor exposición viral que en el SRI, pese a que este último presenta mayor densidad. Además, en Uruguay DVB es una enfermedad endémica, con alta circulación viral y seroprevalencias elevadas a nivel de predio, lo que refuerza la posibilidad de exposiciones repetidas y múltiples fuentes de infección en sistemas pastoriles (Maya et al., 2025).

A nivel nacional, no existe un programa obligatorio de vacunación contra DVB, y aunque hay vacunas disponibles (Maya et al., 2018), su uso no es sistemático en los predios de origen. Tampoco hay exigencias sanitarias al ingreso de los animales al CR respecto a las virosis estudiadas, lo que puede haber contribuido a las elevadas tasas de contagio observadas.

En relación con BLV, se detectó circulación activa en ambos sistemas, aunque con dinámicas distintas. En el SRI, la prevalencia aumentó levemente de 26% a 31%, lo que correspondió a una seroconversión baja (6,75%). En el SRT, en cambio, la prevalencia pasó de 31% a 45%, con una seroconversión claramente mayor (20%). La edad constituye un factor de riesgo reconocido para el aumento de seroprevalencia por prolongar el tiempo de exposición (Brock et al., 2020), y considerando que los anticuerpos sólo se detectan entre 2 y 8 semanas después de la infección (Toma et al., 1990), el escaso aumento registrado en el SRI resulta consistente con una menor prevalencia inicial, por ingresar al sistema más temprano, en meses de edad, teniendo una menor presión de transmisión de la enfermedad, ya que los animales positivos asintomáticos son la principal fuente de transmisión, mientras que el incremento observado en el SRT sugiere un mayor nivel de exposición durante el período evaluado, porque más animales positivos ingresaron al sistema. Resultados similares fueron reportados por Algorta et al (2014), quienes registraron una seroconversión del 52,7% en un campo de recría, reafirmando la alta capacidad de diseminación del BLV.

A partir de los resultados obtenidos, se observa que el estatus sanitario frente a BLV no generó efectos que comprometieran el crecimiento de las vaquillonas en ninguno de los sistemas de recría. Si bien se registraron diferencias entre categorías sanitarias en algunos períodos, estas variaciones no reflejan un impacto negativo atribuible a la infección sobre el PV. En el SRI, los animales BLV positivos fueron precisamente los que mostraron las mayores diferencias de peso respecto al SRT, manteniendo valores consistentemente superiores a lo largo del estudio. Tanto los positivos como las terneras que seroconvirtieron presentaron trayectorias de crecimiento similares o incluso superiores a las de los animales BLV negativos, confirmando que la infección no limitó su desempeño productivo. En el SRT, el incremento de peso también fue sostenido en todas las categorías sanitarias, aunque en general con menor magnitud que en el SRI. En conjunto, los patrones observados indican que la condición sanitaria frente a BLV no afectó negativamente el desarrollo corporal, y que las diferencias detectadas responden principalmente al efecto del sistema de recría y no al estatus infeccioso.

Este comportamiento es coherente con lo reportado en la literatura, donde se desconoce con precisión el impacto real de la presencia del virus en portadores asintomáticos sobre los parámetros productivos (Puentes Palombo, 2016). Sin embargo, se ha demostrado que el BLV puede manifestar efectos diferidos, especialmente sobre la longevidad, dado que vacas con mayores títulos de anticuerpos presentan una probabilidad un 40% superior de ser refugadas (Bartlett et al., 2013). Estos antecedentes sugieren que, en animales jóvenes y bajo infección subclínica, el BLV no compromete el desarrollo corporal, aunque podría influir en aspectos productivos a largo plazo como pérdidas asociadas a disminución de leche, menor fertilidad, longevidad y deterioro del sistema inmune (Chi et al., 2002).

Los resultados referidos al desarrollo corporal muestran que las vaquillonas sometidas al SRI presentaron mayores GDPV y mejor desarrollo corporal que las del SRT. Esto indica que un manejo más controlado y una dieta balanceada promovieron un crecimiento más eficiente durante la recría, lo cual concuerda con investigaciones previas que destacan ventajas productivas de sistemas intensivos (Arnott et al., 2015). De la misma manera, Fiol y Mendoza (2024) también señalan que el nivel de alimentación pre y post destete influye en la eficiencia alimenticia, el comportamiento y el metabolismo energético.

Las diferencias más marcadas se observaron en PV y GDPV, donde el SRI tuvo un desempeño superior, aunque el SRT superó al SRI en el período 4. Este punto de inflexión coincide con la presencia de temperaturas de hasta 31,9°C (INUMET, 2025). Diversos estudios demuestran que, aun cuando la oferta y calidad de la dieta son adecuadas, las condiciones ambientales pueden limitar la ganancia de peso en bovinos. El estrés térmico reduce de forma marcada la ingestión de materia seca y el desempeño productivo, ya que los animales incrementan el gasto energético destinado a la termorregulación y disminuyen el tiempo dedicado al consumo y a la

actividad normal de pastoreo (Rhoads, 2023). De forma concordante, estudios locales de Canozzi et al., (2021) señalan que los bovinos manejados en corrales sin sombra presentan menor consumo, menor tiempo de rumiación y menores GDPV en comparación con animales con acceso a sombra, evidenciando que la carga térmica directa compromete la productividad. En este contexto, es esperable que los animales de nuestro proyecto manejados en sistemas más intensivos, con menor acceso a sombra o mayor exposición al calor, hayan experimentado un mayor grado de estrés térmico, reduciendo su potencial de ganancia diaria de peso independientemente de la calidad de la pastura.

El análisis de metabolitos sanguíneos permitió evaluar el estado energético y nutricional bajo cada sistema de recría. Existieron diferencias significativas entre SRI y SRT, reflejando el impacto directo del manejo y la alimentación. Las vaquillonas del SRI mostraron mayor glucosa y albúmina, indicadores de buen balance energético, mientras que las del SRT presentaron BHB y AGNES más elevados, compatibles con movilización de reservas. Las variaciones temporales observadas en todos los metabolitos reflejan adaptaciones fisiológicas propias del crecimiento. De forma similar, estudios previos indican que la restricción nutricional aumenta la gluconeogénesis y la movilización grasa (Zhou et al., 2020), mientras que las dietas con mayores proporciones de concentrados energéticos mejoran la eficiencia del uso de glucosa. Wathes et al. (2007) demostraron que AGNES y BHB se elevan bajo balance energético negativo y se asocian con menor desempeño reproductivo, lo cual respalda su utilidad como indicadores metabólicos. En general, animales con mejores concentraciones de glucosa y albúmina presentaron mayores PV y GDPV, mientras que perfiles compatibles con movilización grasa se asociaron a menor desempeño productivo.

10. CONCLUSIONES

Los resultados confirman que el sistema de recría influye directamente sobre el desarrollo corporal, el metabolismo energético y el estatus sanitario de las vaquillonas, subrayando la importancia de ajustar el manejo nutricional, ambiental y sanitario para optimizar el desempeño en los sistemas de recría uruguayos.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adewuyi, A. A., Roelofs, J. B., Gruys, E., Toussaint, M. J. M., & van Eerdenburg, F. J. C. M. (2005). Relationship of plasma nonesterified fatty acids and walking activity with calving-related metabolic disorders in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *88*(2), 710–718.

Algorta, A., Álvarez, J. P., & De Brun, M. L. (2014). *Leucosis bovina enzoótica en un campo de recría de ganado lechero en el sur del Uruguay* [Tesis

de grado, Universidad de la República, Facultad de Veterinaria]. Colibrí. https://hdl.handle.net/20.500.12008/10465

Álvarez, G. (1996). *Campos de recría por sistema de capitalización: una muy rentable sociedad entre ganaderos y lecheros.* Hemisferio Sur.

Álvarez, J., & Astigarraga, L. (2006). *Nuevas empresas rurales y desarrollo agrícola: Una contribución al desarrollo de las capacidades de gestión* [Seminario]. Sustentabilidad de las empresas lecheras familiares: gestión de los sistemas de producción, Facultad de Agronomía, Montevideo.

Amaya García, E. J., & Rivas de los Santos, N. E. (2012). *Recría de terneras hereford en silvopastoreo*. [Tesis de grado, Facultad de Veterinaria, Udelar]. Colibrí. https://www.inia.uy/sites/default/files/publications/2024-10/Tesis-Amalya-Rivas-Nelson-w2012.pdf

Andregnette Karlen, D. (1997.). *Verificación de un manejo para la recría de vaquillonas Holando sobre campo natural. Etapa invernal* [Tesis de grado, Facultad de Agronomía, Universidad de la República]. Colibrí. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/24780/1/AndregnetteKarlenDiego.pdf

Arnott, G., Ferris, C., & O'Connell, N. (2015). A comparison of confinement and pasture systems for dairy cows: What does the science say? AgriSearch. https://pureadmin.qub.ac.uk/ws/portalfiles/portal/127810644/Arnott_et_al._2015a.pdf

Bach, A., Ahedo, J., & Kertz, A. (2021). Invited review: Advances in efficiency of growing dairy replacements. *Applied Animal Science, 37*(4), 404–417.

Baldi, F., Banchero, G., La Manna, A., Fernández, E., & Pérez, E. (2010). *Efecto del manejo nutricional post-destete y durante el período de terminación sobre las características de crecimiento y eficiencia de conversión en sistemas de recría y engorde intensivo* (Serie Actividades de Difusión No. 609). INIA La Estanzuela. https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5429/1/SAD-609.pdf

Barboza, N. (2024). Cadena láctea: situación y perspectivas. En *Anuario OPYPA 2024* (pp. 1-25). DIEA. https://descargas.mgap.gub.uy/OPYPA/Anuarios/Anuarioopypa2024/CP/6/CP6web/CP6-Cadenalactea.pdf

Bartlett, P. C., Norby, B., Byrem, T. M., Parmelee, A., Ledergerber, J. T., & Erskine, R. J. (2013). *Bovine leukemia virus and cow longevity in Michigan dairy herds*. Journal of Dairy Science, 96(3), 1591–1597. https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(13)00042-8/fulltext

Bartlett, P. C., Sordillo, L. M., Byrem, T. M., Norby, B., Grooms, D. L., Swenson, C. L., Zalucha, J., & Erskine, R. J. (2014). Options for the control of bovine leukemia virus in dairy cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association, 244*(8), 914–922.

Baudracco, J., Lopez-Villalobos, N., Holmes, C. W., & Macdonald, K. A. (2010). Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: A review. *New Zealand Journal of Agricultural Research, 53*(2), 109-133..

Belinskaia, D. A., Voronina, P. A., Shmurak, V. I., Jenkins, R. O., & Goncharov, N. V. (2021). *Serum Albumin in Health and Disease: Esterase, Antioxidant, Transporting and Signaling Properties*. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(19), 10318. https://doi.org/10.3390/ijms221910318

Berreta, V.; Simeone, A.; Bentancur, O. 2013. *Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo: efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacunos.* (en línea). Agrociencia (Uruguay). 17(1):131-140. Consultado dic. 2021. https://doi.org/10.31285/AGRO.17.527

Brock, J., Lange, M., Guelbenzu-Gonzalo, M., Meunier, N., Vaz, A. M., Tratalos, J. A., Dittrich, P., Gunn, M., More, S. J., Graham, D., & Thulke, H. H. (2020). *Epidemiology of age-dependent prevalence of bovine herpesvirus type 1 (BoHV-1) in dairy herds with and without vaccination*. Veterinary Research, 51(1), Article 124. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7520977/

Canozzi, M. E. A., Clariget, J., Roig, G., Pérez, E., Aznárez, V., Banchero, G., & La Manna, A. (2021). *¿Existe estrés por calor en ganado a corral en Uruguay?* Resultados y recomendaciones. *Revista INIA Uruguay* (66). https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/15999/1/Revista-INIA-66-Setiembre-2021-9.pdf

Carli Borges, C., Landa Lomando, A., & Zeballos Perdomo, L. (2020). *Evaluación de desempeño de campos de recría lecheros* [Tesis de grado, Facultad de Agronomía, UdelaR]. Colibrí. https://hdl.handle.net/20.500.12008/31445

Chi, J., VanLeeuwen, J. A., Weersink, A., & Keefe, G. P. (2002). *Direct production losses and treatment costs from bovine viral diarrhoea virus, bovine leukosis virus, Mycobacterium avium subspecies paratuberculosis, and Neospora caninum, 55*(2), 137–153. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167587702000946?via%3Dihub

Chilibroste, P., & Battegazzore, G. (2014). *Proyecto Producción Competitiva*. Conaprole.

Chilibroste, P., Soca, P., & Mattiauda, D. (2012). *Estrategias de alimentación en Sistemas de Producción de Leche de base pastoril. En Pasturas 2012: Hacia una ganadería competitiva y sustentable* (pp. 91-100). INTA.

Choi, W., Ro, Y., Choe, E., Hong, L., Kim, D., Kim, S., Yoon, I., & Kim, D. (2023). *Comparison of prepartum blood parameters in dairy cows with postpartum ketosis and new risk prediction candidates. Frontiers in Veterinary Science, 10*, 1161596. https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2023.1161596/full

Costa, M., Bussoni, A., Mello, R., Santoro, M., Rodríguez, D., & Landa, F. (2010). *Campos de recría en el Uruguay: Gestión de los recursos y formas contractuales. Agrociencia Uruguay,* 14(2). http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2301-15482010000200008&script=sci_arttext

Costigan, H., Delaby, L., Walsh, S., Fitzgerald, R., & Kennedy, E. (2022). *The effect of weaning age and post-weaning feeding regime on growth and fertility of pasture-based Holstein-Friesian and Jersey dairy heifers. Livestock Science, 256*, 104812. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141321004200?via%3Dihub

Darré, M., Tozzi, A., & Agnelli, L. (2015). *Manejo nutricional y reproductivo de vaquillonas en recría de un tambo del partido de Lobos. Evaluación de las consecuencias productivas y económicas. Investigación Joven, 2*(1). https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/2127

Day, M. L., & Andreson, L. H. (1998). *Current concepts on the control of puberty in cattle. Journal of Animal Science, 76*(1), 1–15. https://doi.org/10.2527/1998.76suppl_31x

De Brun Méndez, M. L. (2022). *Diagnóstico, inmunidad y vacunación en bovinos: Avances en los principales virus que afectan la producción*

nacional [Tesis doctoral, Facultad de Veterinaria, UdelaR]. Colibrí. https://hdl.handle.net/20.500.12008/34682

De la Quintana Rivoir, E. (2017). *Impacto de diferentes planos de alimentación pos-desleche en terneras Holstein de reemplazo* [Tesis de maestría, Facultad de Veterinaria, UdelaR]. Colibrí. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/23974/1/Quintana.pdf

Dirección de Estadísticas Agropecuarias. (2009). *La producción lechera en el Uruguay*. En Estadístico Agropecuario 2009. MGAP.

Divers, T. J., Bartholomew, R. C., Galligan, D., & Littel, C. (1995). *Evidence for transmission of bovine leukemia virus by rectal palpation in a commercial dairy herd. Preventive Veterinary Medicine, 23*, 133–141. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167587795004648?via%3Dihub

Douglas, G. N., Overton, T. R., Bateman, H. G., Dann, H. M., & Drackley, J. K. (2006). *Prepartal plane of nutrition, regardless of dietary energy source, affects periparturient metabolism and dry matter intake in Holstein cows. Journal of Dairy Science, 89*(6), 2141–2157. https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(06)72285-8/fulltext

Ferraretto, L. F., Gencoglu, H., Hackbart, K. S., Nascimento, A. B., Dalla Costa, F., Bender, R. W., Guenther, J. N., Shaver, R. D., & Wiltbank, M. C. (2013). *Effect of feed restriction on reproductive and metabolic hormones in dairy cows. Journal of Dairy Science, 97*(7), 4398–4410. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5963275/

Fiol, C., & Mendoza, A. (2024). *Management of dairy heifers in Uruguay:Effects of feeding level and social environment on prepubertal development. Agrociencia Uruguay*, *28*(NE1), e1217. https://doi.org/10.31285/AGRO.28.1217

Forjan, H. (2002). *Tecnologías de procesos. Para hacer sustentable la agricultura de la región.* En *Red Agroeconómica de administración de recursos RADAR*. INTA

González Besteiro, A. V. (2010). *Eficiencia en recría de vaquillonas en establecimientos lecheros* [Trabajo final de grado, Pontificia Universidad Católica Argentina]. Repositorio Institucional UCA. https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/318/1/doc.pdf

González, F. D., Muiño, R., Pereira, V., Campos, R., & Benedito, J. L. (2011). *Relationship among blood indicators of lipomobilization and hepatic function during early lactation in high-yielding dairy cows. Journal of Veterinary Science, 12*(3), 251–255.

Heinrichs, A. J., & Heinrichs, B. S. (2011). *A prospective study of calf factors affecting first-lactation and lifetime milk production and age of cows when removed from the herd. Journal of Dairy Science*, *94*(1), 336–341.

Hopkins, S. G., & DiGiacomo, R. F. (1997). *Natural transmission of bovine leukemia virus in dairy and beef cattle*. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 13*, 107–128.

Instituto Nacional de la Leche (2025). *Situación 2024 y perspectivas de la lechería uruguaya 2025.* INALE. https://www.inale.org/situacion-2024-y-perspectivas-de-la-lecheria-uruguaya-2025/

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (2024). *Informe técnico sobre metabolismo energético en bovinos jóvenes.* INIA.

Instituto Uruguayo de Meteorología (INUMET). (2025). *Boletín climático N.º 12: Diciembre 2024*. Recuperado de https://www.inumet.gub.uy/sites/default/files/2025-01/Boletin%20diciembre%20%283%29.pdf

James, R. (2011). *Pre-ruminant diets and weaning practices.* En J. W. Fuquay, P. F. Fox, & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Sciences* (2.ª ed., Vol. 4, pp. 396–402). Academic Press.

Karthik, D., Suresh, J., Ravindra Reddy, Y., Sharma, G. R. K., Ramana, J. V., Gangaraju, G., Pradeep Kumar Reddy, Y., Yasaswini, D., Adegbeye, M. J., & Ravi Kanth Reddy, P. (2021). *Farming systems in sheep rearing: Impact on growth and reproductive performance, nutrient digestibility, disease incidence and heat stress indices*. *PLOS ONE, 16*(e0244922). https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0244922

Kunz, P. L., Blum, J. W., Hart, I. C., Bickel, H., & Landis, J. (1985). *Effects of different energy intakes before and after calving on food intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. Animal Science, 40*(2), 219–231. https://doi.org/10.1017/S0003356100025320

Leaño, L. C. 2008. *Influencia climática sobre la producción bovina*. Tesis Ing. Agr. Sincelejo, Colombia. Universidad de Sucre. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 86 p. http://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/431

Macchi, V., Fernández, F., Gil, A., & Suanes, A. (2018). *Seroprevalencia de enfermedades que afectan la reproducción en bovinos en Uruguay, su evolución y relación con la vacunación.* INIA–MGAP, Uruguay.

Maya, L., Castells, M., Silveira, C., Giannitti, F., Merchioratto, I., Barrandeguy, M., Menchaca, A., & Colina, R. (2025). *Epidemiology and evolution of bovine viral diarrhea virus (BVDV) in Uruguay: A 10-year study*. Viruses, 17(10), 1374. https://doi.org/10.3390/v17101374

Maya, L., Puentes, R., Riet-Correa, F., Giannitti, F., Rivero, R., Gianneechini, E., Furtado Flores, E., & Colina, R. (2018). *Caracterización genética del virus de la diarrea viral bovina en Uruguay.* En Jornadas Uruguayas de Buiatría (pp. 183–185). Biblioteca Digital de la Facultad de Veterinaria, Universidad de la República. https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/2951/JB2018_183-185.pdf?sequence=1&isAllowed=y

McCarthy, M.-C., McAloon, C. G., O'Grady, L., & Mee, J. F. (2022). *Growth rates of contract-reared versus home-reared replacement dairy heifers. Animal, 16*, 100570. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731122001215?via%3Dihub

Mcmeekan, C.P., & Walshe, M.J. (1963). *Inter-relationships of grazing methods and stocking rate in efficiency of pasture utilization by dairy cattle*. *Journal of Agricultural Science, 61*(2), 147-166.

Mederos, A., & Hirigoyen, D. (1997). *Relevamiento epidemiológico de diarrea viral bovina, rinotraqueítis infecciosa bovina y leucosis bovina en predios lecheros del noreste de Uruguay.* En *XXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 19–20). Paysandú, Uruguay. https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/641/JB1998_P19-20.pdf

Mendoza, A., Acosta, Y., Morales, T., Román, L., Pla, M., & La Manna, A. (2014). *Manejo de la recría en los tambos: aportes desde INIA*. Revista INIA (37), 32-35. https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7081/1/revista-INIA-37-p.32-35.pdf

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2008). *Estadísticas del sector lácteo 2007*. DIEA. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/estadisticas_del_sector_lacteo_-_ano_2007_-_octubre_2008_-_no_266.pdf

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). (2012). *Resolución N.º 118/012 de la Dirección General de Servicios Ganaderos: Establecimientos agropecuarios.* https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/institucional/normativa/resolucion-n-118012-dgsg-31072012-establecimientos-agropecuarios-se

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2019). *Estadísticas del sector lácteo 2019.* https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/estadisticas-del-sector-lacteo-2019

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). (2024). *Anuario estadístico agropecuario 2024*. Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA). https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2024/Anuario2024/%20ANUARIO2024.pdf

National Research Council. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000*. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/9791

Owens, F. N., Dubeski, P., & Hanson, C. F. (1993). *Factors that alter the growth and development of ruminants*. *Journal of Animal Science, 71*(11), 3138–3150. https://academic.oup.com/jas/article-abstract/71/11/3138/4719016?redirectedFrom=fulltext

Patterson, D. J., Perry, R. C., Kiracofe, G. H., Bellows, R. A., Staigmiller, R. B., & Corah, L. R. (1992). *Management considerations in heifer development and puberty. Journal of Animal Science, 70*, 4018–4035. https://academic.oup.com/jas/article-abstract/70/12/4018/4632091

Pedraza, M. B. (2019). *Análisis de alternativas nutricionales para la recría de vaquillonas Holando*. *Especialización en Alimentación de Bovinos, Universidad Nacional de Córdoba*. https://rdu.unc.edu.ar/server/api/core/bitstreams/57de054a-74b2-4905-8653-c53579278075/content

Puentes Palombo, R. (2016.). *Epidemiología, diagnóstico y efecto de la presencia del virus de la leucosis bovina enzoótica en animales asintomáticos sobre parámetros productivos, reproductivos y sanitarios.* Tesis de doctorado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Veterinaria. https://hdl.handle.net/20.500.12008/37571

Puentes, R., De Brun, L., Algorta, A., Da Silva, V., Mansilla, F., Sacco, G., Llambí, S., & Capozzo, A. V. (2016). Evaluation of serological response to foot-and-mouth disease vaccination in BLV infected cows. *BMC*

Veterinary Research, 12(1), 119. https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-016-0749-x276.pdf

Relling, A. E., & Mattioli, G. A. (2014). *Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes*. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Veterinarias. https://ganaderiasos.com/wp-content/uploads/2014/08/fisiologia-digestiva-y-met-de-los-rumiantes.pdf

Repetto, J. L., Mendoza, A., Antunez, G., & Cajarville, C. (2016). *Nuevos paradigmas en la cría y recría de hembras lecheras.* En Centro Médico Veterinario Paysandú (Eds.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. 44, pp. 34–41). CMVP.

Repiso, M. V., Gil, A., Bañales, P., D'Anatro, N., Fernández, L., Guarino, H., Herrera, B., Núñez, A., Olivera, M., Osawa, T., & Silva, M. (2005). *Prevalencia de las principales enfermedades infecciosas que afectan el comportamiento reproductivo en la ganadería de carne y caracterización de los establecimientos de cría del Uruguay* (FPTA Nº 13, pp. 21–25). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2812/1/15630041107073506.pdf

Rhoads, M. L. (2023). *Review: Reproductive consequences of whole-body adaptations of dairy cattle to heat stress*. Animal, 17(Suppl. 1), 100847. https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100847

Romera, A. J. & Doole, G. J. *(2014). Integrated analysis of profitable stocking-rate decisions in pasture-based dairy systems*.. *Grass and Forage Science*, 71(1), 90-101. https://doi.org/10.1111/gfs.12149

Saizar, J. (1998). *Estudio serológico de Diarrea Viral Bovina en rodeos de carne del Uruguay.* En Centro Médico Veterinario Paysandú (Eds.), *Jornadas Uruguayas de Buiatría* (Vol. 26, p 10-12). CMVP.

Salado, E. E., & Roskopf Perez, P. M. (2022). *Recría de vaquillonas: Efecto de la dieta sobre el desarrollo de la glándula mamaria*. *Visión Rural*, *29*(142), 23-24. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/12230/INTA_CRBsAsSur_EEABalcarce_Salado_EE_Recr%c3%ada_vaquillonas_dieta_gl%c3%a1ndula_mamaria.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sejrsen, K., & Purup, S. (1997). *Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers:* A review. *Journal of Animal Science, 75*, 828–835. https://academic.oup.com/jas/article/75/3/828/4637331

Silveira, C., & Fraga, M. (2020). *Virus de la leucosis bovina: un villano silencioso. Revista INIA* (61), 37–41. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/14492/1/Rev-INIA-61-Junio-2020-p-37-41.pdf

Simeone, A. 2000. *Producción intensiva de carne*. Convenio INIAFUCREA. Revista de FUCREA. no. 205:16-19.

Sotelo, F. (2022). *Indicadores reproductivos: Análisis de registros y su distribución histórica* (Informe técnico). Instituto Nacional para el Control y Mejoramiento Lechero Uruguayo.

Toma, B., Eloit, M., & Savey, M. (1990). *Las enfermedades animales por retrovirus: leucosis bovina enzoótica, anemia infecciosa de los équidos, artritis/encefalitis caprina*. *Revue Scientifique et Technique (Office International des Epizooties)*, *9*(4), 1077–1119.

Van Hoeij, R. J., Kok, A., Bruckmaier, R. M., Haskell, M. J., Kemp, B., & van Knegsel, A. T. M. (2019). *Relationship between metabolic status and behavior in dairy cows in week 4 of lactation. Animal: An International Journal of Animal Bioscience, 13*(3), 640–648. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731118001842?via%3Dihub

Van Roon, A. M., Mercat, M., van Schaik, G., Nielen, M., Graham, D. A., More, S. J., Guelbenzu-Gonzalo, M., Fourichon, C., Madouasse, A., & Santman-Berends, I. M. G. A. (2020). *Quantification of risk factors for bovine viral diarrhea virus in cattle herds: A systematic search and meta-analysis of observational studies*. Journal of Dairy Science, 103(10), 9446–9463. https://doi.org/10.3168/jds.2020-18193

Walz, P. H., Chamorro, M. F., Falkenberg, S. M., Passler, T., van der Meer, F., & Woolums, A. R. (2020). *Bovine viral diarrhea virus: An updated American College of Veterinary Internal Medicine consensus statement with focus on virus biology, hosts, immunosuppression, and vaccination.* Journal of Veterinary Internal Medicine, 34(5), 1690–1706. https://doi.org/10.1111/jvim.15816

Wang, Y.P., Cai, M., Hua, D, K., Zhang, F., Jiang, L. S., Zhao, Y. G., Wang, H., Nan, X. M., & Xiong, B.H. (2020). *Metabolomics reveals effects of rumen-protected glucose on metabolism of dairy cows in early lactation. Animal Feed Science and Technology, 269*. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114620

Watanabe, A., Konnai, S., Kato, Y., Iwano, H., & Kato, T. (2019). *Association between bovine leukemia virus proviral load and severity of clinical mastitis. Journal of Veterinary Medical Science, 81*(10), 1431–1437. https://doi.org/10.1292/jvms.19-0285

Wathes, D. C., Bourne, N., Cheng, Z., Mann, G. E., Taylor, V. J., & Coffey, M. P. (2007). *Multiple correlation analyses of metabolic and endocrine profiles with fertility in primiparous and multiparous cows*. Journal of Dairy Science, 90(3), 1310–1325. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71619-3

West, J. 1992. *Estrés calórico: alimentación y manejo para reducir sus efectos en las vacas Holando*. Nuestro Holando (Buenos Aires). no. 388:1-5.

World Organisation for Animal Health (WOAH). (2018). *Manual de las pruebas de diagnóstico y de las vacunas para los animales terrestres*.

World Organisation for Animal Health (WOAH). (2024). *Leucosis bovina enzoótica (Bovine Enzootic Leukosis)*. Manual de Pruebas Diagnósticas y Vacunas para los Animales Terrestres.

Yehia, S. G., Ramadan, E. S., Megahed, E. A., & Salem, N. Y. (2020). *Effect of parity on metabolic and oxidative stress profiles in Holstein dairy cows. Veterinary World*, *13*(12), 2780–2786. https://www.veterinaryworld.org/Vol.13/December-2020/25.html

Zanton, G. I., & Heinrichs, A. J. (2005). *Meta-analysis to assess effect of prepubertal average daily gain of Holstein heifers on first-lactation production. Journal of Dairy Science, 88*(11), 3860–3867. https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(05)73071-X/fulltext

Zhang, K.-Y., Guo, J., Zhan, C.-L., Yuan, C.-S., Min, C.-G., Li, Z.-Q., Liu, H.-Y., Wang, J., Zhao, J., Lu, W.-F., & Ma, X. (2023). β-hydroxybutyrate impairs bovine oocyte maturation via pyruvate dehydrogenase (PDH) associated energy metabolism abnormality. *Frontiers in Veterinary Science, 10,* 1243243. https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2023.1243243/pd

Zhou, J., Yue, S., Peng, Q., Wang, L., Wang, Z., & Xue, B. (2020). *Metabonomic responses of grazing yak to different concentrate supplementations in cold season. Animals*, 10(9), 1595.