



**Facultad de Veterinaria**  
Universidad de la República  
Uruguay



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**EFFECTOS DE DIFERENTES NIVELES DE TRANSFERENCIA DE INMUNIDAD  
PASIVA EN TERNEROS DE TAMBO SOBRE EL DESARROLLO CORPORAL,  
CONSUMO DE ALIMENTO Y METABOLISMO ENERGÉTICO**

por

**Fernanda MONTANA SILVA**

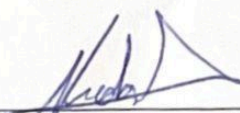
**TESIS DE GRADO** presentada como uno  
de los requisitos para obtener el título de  
Doctor en Ciencias Veterinarias.  
Orientación: Producción Animal

**MODALIDAD: Ensayo experimental**


**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2025**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

**Presidente de mesa:**

  
\_\_\_\_\_  
DCV Nicolas Amaro


**Segundo miembro (tutor):**

  
\_\_\_\_\_  
DCV MSc Eduardo Morales

**Tercer miembro:**

  
\_\_\_\_\_  
DCV MSc PhD Kevin Yaneselli

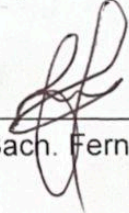
**Cuarto miembro (Co-tutor):**

  
\_\_\_\_\_  
DMTV MSc PhD Carolina Fiol

**Fecha:**

22/12/2025

**Autor:**

  
\_\_\_\_\_  
Bach. Fernanda Montana

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, a mi mamá, papá y hermana por siempre creer en mí y quienes han sido un pilar fundamental en todo este proceso.

A mi familia, por su apoyo incondicional desde el inicio.

A mis amigos, por acompañarme en todo momento.

A mi tutor, Eduardo Morales por su dedicación y paciencia. A mi co-tutora Carolina Fiol, por su acompañamiento y apoyo durante el proceso.

Al personal del IPAV y compañeras que fueron parte del ensayo experimental.

A todos los que de una forma u otra fueron parte de este largo y hermoso camino.

Finalmente, un eterno agradecimiento a la Universidad de la República y a mi querida Facultad de Veterinaria, por permitirme formarme como persona y profesional.

A todos ellos, ¡Muchas gracias!

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	5
1. RESUMEN.....	6
2. SUMMARY.....	7
3. INTRODUCCIÓN.....	8
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	10
4.1. Producción de leche en Uruguay.....	10
4.2. Sistemas de crianza de terneros de tambo.....	10
4.3. Alimentación durante la etapa de cría.....	12
4.4. Tecnología en la crianza: sistemas automáticos de alimentación.....	14
4.5. Crecimiento, desarrollo y metabolismo energético de los terneros.....	15
5. HIPÓTESIS.....	18
6. OBJETIVOS.....	19
6.1. Objetivo general.....	19
6.2. Objetivos específicos.....	19
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
7.1. Ubicación.....	20
7.2. Animales, alimentación y alojamiento.....	20
7.3. Determinaciones durante el periodo de cría.....	21
7.4. Análisis estadístico.....	22
8. RESULTADOS.....	23
9. DISCUSIÓN.....	29
10. CONCLUSIONES.....	34
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

	PÁGINA
<b>CUADRO I.</b> Composición química de los alimentos utilizados en terneros manejados en un sistema de alimentación automático durante la etapa de cría.	21
<b>CUADRO II.</b> Consumo promedio de leche y concentrado de terneros con distintos niveles de transferencia de inmunidad pasiva durante la etapa de cría.	23
<b>CUADRO III.</b> Variables de desempeño productivo	25
<b>CUADRO IV.</b> Mediciones sanguíneas promedio de terneros durante la etapa de cría.	27
<b>FIGURA 1.</b> Consumo de leche en terneros con distintos niveles de transferencia de inmunidad pasiva.	24
<b>FIGURA 2.</b> Consumo de concentrado en terneros con distintos niveles de transferencia de inmunidad pasiva.	25
<b>FIGURA 3.</b> Altura a la cruz en terneros con distintos niveles de transferencia de inmunidad pasiva.	26
<b>FIGURA 4.</b> Concentraciones sanguíneas de Proteínas Totales, según diferentes días de vida y niveles de transferencia de inmunidad pasiva en terneros.	28

## 1. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el desarrollo corporal, consumo de alimento y el metabolismo energético en terneros de tambo manejados en un sistema automático de alimentación (SAA) y determinar cómo estos parámetros se relacionan con los distintos niveles de transferencia de inmunidad pasiva (TIP). El ensayo experimental se llevó a cabo en el Instituto de Producción Animal Veterinaria (IPAV) en el campo experimental Nº2 de la Facultad de Veterinaria-Universidad de la República. Se utilizaron 48 terneros/as Holando, Jersey y sus cruza (33,78 ± 0,81 kg peso vivo promedio inicial). Se alojaron los primeros tres días de vida en bretes individuales, posteriormente pasaron a corrales colectivos provistos con alimentadores automáticos, donde se alimentaron con leche entera pasteurizada no comercializable, concentrado comercial, heno y agua *ad libitum*. A las 48 horas de nacidos los terneros se pesaron y se estimó la TIP mediante refractometría en % Brix, diariamente se tomaron los registros de consumo de leche y de concentrado individual de cada ternero. En relación a las variables de desarrollo corporal, se determinó el peso vivo (PV), ganancia diaria de peso vivo (GDPV) y altura a la cruz (AC) de forma semanal. A su vez, se tomaron muestras de sangre de cada ternero al día 2, 15, 35 y 56 de vida para evaluar las concentraciones de metabolitos sanguíneos. Los terneros con Excelente TIP presentaron un consumo mayor de leche ( $P < 0,01$ ) en comparación a los terneros con TIP Pobre. A su vez, los terneros con TIP Excelente obtuvieron menores concentraciones sanguíneas de Ácidos Grasos No Esterificados (AGNE;  $P < 0,05$ ), tendieron ( $P < 0,1$ ) a presentar menores concentraciones de Beta-Hidroxibutirato (BHB) y presentaron mayor concentración de proteínas totales ( $P < 0,01$ ), respecto a los terneros con menores TIP. Se concluye que, en terneros manejados en un SAA, un mayor nivel de TIP favorece el consumo temprano de leche y se asocia con un mejor estado metabólico, evidenciado por una menor movilización de reservas corporales. No obstante, bajo las condiciones de este experimento no se observó diferencias en el desarrollo corporal entre las distintas categorías de TIP.

## 2. SUMMARY

The objective of this study was to evaluate body development, feed intake, and energy metabolism in dairy calves managed in an automatic feeding system (AFS) and to determine how these parameters relate to different levels of transfer passive immunity (TIP). The experimental trial was conducted at the Institute of Animal Production and Veterinary Medicine (IPAV) on experimental field No. 2 of the Faculty of Veterinary Medicine, University of the Republic. Forty-eight Holstein, Jersey, and crossbred calves ( $33.78 \pm 0.81$  kg average initial body weight) were used. They were housed in individual pens for the first three days of life, then moved to group pens equipped with automatic feeders, where they were fed non-marketable pasteurized whole milk, commercial concentrate, hay, and water *ad libitum*. Forty-eight hours after birth, the calves were weighed and the TIP was estimated using refractometry in % Brix. Daily records of milk and concentrate consumption were taken for each calf individually. In relation to body development variables, body weight (BW), average daily gain (ADG), and withers height (WH) were determined on a weekly basis. Blood samples were also taken from each calf on days 2, 15, 35, and 56 of life to evaluate blood metabolite concentrations. Calves with Excellent TIP had higher milk consumption ( $P < 0.01$ ) compared to calves with Poor TIP. In turn, calves with Excellent TIP had lower blood concentrations of Non-Esterified Fatty Acids (NEFA;  $P < 0.05$ ), tended ( $P < 0.1$ ) to have lower concentrations of beta-hydroxybutyrate (BHB), and had higher total protein concentrations ( $P < 0.01$ ) compared to calves with lower TIP. It is concluded that, in calves managed in an AFS, a higher TIP level favors early milk consumption and is associated with a better metabolic status, evidenced by lower mobilization of body reserves. However, under the conditions of this experiment, no differences in body development were observed between the different TIP categories.

### 3. INTRODUCCIÓN

Según la Dirección de Estadística Agropecuaria (DIEA, 2024), la producción lechera (comercial) en Uruguay alcanza los 2.275 millones de litros, sobre una superficie de 652.000 hectáreas. El stock de animales lecheros, se sitúa en 693.000 animales (DIEA, 2024). Caracterizando lo que fue la evolución del sector en el periodo comprendido entre 2015 y 2023, podemos observar que el número de tambos disminuyó en dicho periodo de tiempo, mayormente marcado por la disminución en el número de establecimientos entre 50 a 199 hectáreas; esto generó una intensificación del sistema, con menor número de animales, menor área y mayor producción (DIEA, 2024).

En los sistemas lecheros, la etapa de cría abarca el periodo comprendido entre el nacimiento y el desleche del ternero (Fernández, 2011). A nivel nacional, una encuesta sobre mortalidad en terneros reveló una elevada tasa de mortalidad (15,2%) durante el periodo de cría, lo que genera importantes pérdidas económicas tanto para el productor como para la industria lechera (Schild et al., 2020). Además, dicho estudio identificó múltiples deficiencias en las prácticas de manejo durante el periodo de cría, las cuales afectan negativamente el bienestar animal y podrían estar asociadas al elevado riesgo de mortalidad observado. En comparación, otros autores han reportado tasas de mortalidad más bajas: Jorgensen et al. (2017) 2,6%; Urie et al. (2018a) 5% y Olmos Antillón et al. (2024) 6,8%, lo que sugiere que existen oportunidades de mejora a través de una gestión más eficiente. Si bien es difícil eliminar por completo la mortalidad en terneros jóvenes, el objetivo principal debe ser reducir su incidencia al mínimo posible (Santman-Berends et al., 2014).

La reposición de las terneras en un sistema lechero, representa uno de los mayores costos, luego de alimentación de la vaca en producción variando en función de la vida media del rodeo, de la tasa de mortalidad y de la presión genética que se aplique (Fernández, 2011). Los costos también se elevan debido a que en la etapa de cría presenta una mayor susceptibilidad a enfermedades (Otten et al., 2023). Comúnmente se considera que el periodo de cría-recría en el tambo constituye el segundo costo luego de los asociados a la alimentación de las vacas lecheras (Bach & Ahedo, 2008; Heinrichs et al., 2013; Tozer & Heinrichs, 2001), por lo tanto se requiere enfoques sistemáticos para mitigar estos costos inducidos por el manejo de terneras enfermas y garantizar una buena salud de los animales (Otten et al., 2023). A su vez, si bien estas categorías de animales se consideran “improductivas” ya que no contribuyen a la producción de leche, existe amplia información que reporta una estrecha relación entre el crecimiento durante las edades tempranas de la vida de la ternera con la futura producción lechera (Heinrichs et al., 2013; Sharpe & Heins, 2021). En este sentido, se puede esperar un aumento de 225 kg de leche en la primera lactación por cada 0,100 kg de crecimiento durante la etapa de cría (Bach et al., 2008). Por ello, está totalmente justificado invertir en monitorear el crecimiento de las terneras y modificar ciertos aspectos que pueden mejorar la cría de la reposición (Terré & Bach, 2013). Una alternativa de creciente interés para el manejo de la crianza de las terneras, y que ha demostrado mejorar diferentes indicadores productivos y de bienestar animal, implica la implementación de un sistema

automático de alimentación (SAA) durante la etapa de cría de las terneras en el tambo.

En los últimos años el uso de los SAA (amamantadora, por ejemplo) se ha incrementado en los sistemas productivos como alternativa para el manejo colectivo en la cría de las terneras (Wilson et al., 2018). Dada la reducción en mano de obra, el creciente interés en el uso de tecnologías para automatizar muchas de las tareas del tambo, y que a su vez permitirían maximizar la productividad y aumentar la rentabilidad, se está volviendo notable en varios países (Silvi et al., 2021). En estos sistemas la ternera accede al alimento (leche sola o leche y concentrado) en forma individual, en el caso de la leche a través de una tetina, con volúmenes y frecuencias que se asemejan a la succión natural del animal (De Paula Vieira et al., 2008), lo que ofrece beneficios para la salud de los terneros y su bienestar, además de reducir las tareas relacionadas a la alimentación (Wilson et al., 2018). A su vez, este sistema es atractivo para los productores porque ofrece la posibilidad de un programa de desleche gradual, lo cual se ha visto que es preferible frente a un desleche “abrupto” (Sweeney et al., 2010).

Los SAA brindan información relevante para lo que es el manejo diario de la etapa de cría en un establecimiento lechero, generando registros de lo que son los consumos tanto de leche como de concentrado por parte de los animales, así como también frecuencia de visitas, velocidad de ingestión, entre otros. Un aspecto a monitorear durante la cría es la relación que existe entre la nutrición y el metabolismo de las terneras: se ha demostrado que tanto la cantidad como la calidad de la alimentación durante la etapa de cría tiene altos impactos en el estatus metabólico posterior de las terneras (Kénez et al., 2018). Diferentes metabolitos sanguíneos influyen sobre el crecimiento y desarrollo corporal de las terneras (Beever et al., 2004; Day & Anderson, 1998). En este sentido, la determinación de las concentraciones de ciertos metabolitos en sangre permite monitorear el estatus energético de las terneras, entre ellos los ácidos grasos no esterificados (AGNE) y el beta hidroxibutirato (BHB). A su vez, la concentración de proteínas plasmáticas, proteínas plasmáticas totales (PPT), globulinas y albúminas, se utilizan como indicadores de diferentes situaciones patológicas y/o de estrés, y en conjunto con los metabolitos mencionados permiten conocer el perfil metabólico de los animales (Camarero, 2014).

De acuerdo a la bibliografía consultada, en Uruguay no existe información relacionada a la implementación de los SAA en terneras de tambo, a pesar de que existen sistemas comerciales funcionando. A su vez, la posibilidad de caracterizar y relacionar con el nivel de transferencia de inmunidad pasiva (TIP) adquirida, diferentes variables del desarrollo corporal y del metabolismo energético de las terneras manejadas en dichos sistemas, permitirá generar insumos para el desarrollo de futuras hipótesis de investigación, con el objetivo de acompañar la intensificación que se da en los sistemas lecheros, sin descuidar el bienestar de los animales.

## **4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. Producción de leche en Uruguay**

La producción lechera en Uruguay tiene relevancia tanto a nivel sociocultural como económico, ubicándose el país entre los principales consumidores per cápita de leche a nivel mundial, con un consumo estimado de 232 litros anuales por habitante, cifra que duplica el promedio global (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023). Además, aproximadamente el 70% de la producción nacional se orienta a la exportación, alcanzando a más de 60 mercados internacionales (Instituto Nacional de la Leche [INALE], 2022). Estos sistemas de producción están basados principalmente en pastoreo a cielo abierto durante todo el año, asimismo es frecuente la utilización de suplementos debido, en parte, a la estacionalidad del crecimiento que presentan las pasturas (Fariña & Chilbroste, 2019).

Según datos de DIEA (2024), la producción lechera comercial en Uruguay alcanzó los 2.275 millones de litros, distribuidos sobre una superficie de 652.000 hectáreas. El stock de ganado lechero se sitúa en 693.000 animales (DIEA, 2024). Al analizar la evolución del sector entre los años 2015 y 2023, se observa una disminución en el número de establecimientos lecheros, principalmente en aquellos con superficies comprendidas entre 50 y 199 hectáreas (DIEA, 2024). Durante este periodo se evidenció un proceso de intensificación del sistema productivo, caracterizado por una menor cantidad de animales y una reducción del área utilizada, acompañados de un incremento en la productividad individual (DIEA, 2024). Esta disminución del stock lechero se lo puede atribuir a los procesos de intensificación, que implican desafíos productivos y sanitarios cada vez mayores, las mortalidades relativamente altas de terneros, así como las pérdidas reproductivas y las elevadas tasas de descarte de vacas (Schild et al., 2020).

### **4.2. Sistemas de crianza de terneros de tambo**

En los sistemas lecheros, la etapa de cría comprende desde el nacimiento del ternero hasta el momento del desleche (Fernández, 2011). Durante este periodo se realiza una crianza artificial, esta se basa en el manejo, cuidado y alimentación de los terneros con el objetivo principal de lograr su independencia del consumo de leche, incentivando la incorporación temprana de otros alimentos, como concentrados y forrajes (Dichio et al., 2015). La crianza de terneros constituye un aspecto clave en los sistemas lecheros, ya que influye directamente en la reposición de hembras, el crecimiento del rodeo y en la productividad (Palma Parodi et al., 2013). Por lo tanto, el monitoreo de los terneros resulta esencial para promover su bienestar, optimizar su desempeño productivo y realizar una utilización eficiente de antimicrobianos en los sistemas de producción lechera (Otten et al., 2023).

A nivel mundial, los terneros lecheros son comúnmente separados de sus madres y criados de forma artificial (Wagner et al., 2020). Pueden mantenerse en alojamientos individuales, en pares o en grupos, siendo la crianza individual la

práctica más frecuente (Cantor et al., 2019; De Paula Vieira et al., 2010). Este tipo de crianza es ampliamente utilizada en países como Canadá, Brasil, República Checa y Estados Unidos (Hötzel et al., 2014; Staněk et al., 2014; Urie et al., 2018a; Vasseur et al., 2010).

En Uruguay, una encuesta realizada por Schild et al. (2020), reveló que el 97,9% de los establecimientos realizan la crianza en un sistema a cielo abierto. En cuanto a los tipos de sistemas de alojamiento utilizados, la distribución fue la siguiente: individual 31,8%, en grupo 11,7% y mixto 56,6% (una parte del periodo de crianza se realiza de forma individual y la otra colectiva). La crianza de terneros lecheros en forma individual, permite una observación y manejo más sencillo (McFarland et al., 2024), además de que puede ayudar a reducir la transmisión horizontal de enfermedades infecciosas (Gulliksen et al., 2009), especialmente aquellas causadas por patógenos entéricos (Bertoni et al., 2021). No obstante, estos sistemas de crianza, al limitar el contacto de los terneros con entornos sociales variados, podrían restringir su capacidad para afrontar situaciones novedosas y estresantes, y en particular, para desarrollar adecuadamente las interacciones sociales (De Paula Vieira et al., 2012).

Como alternativa, la crianza en parejas, ha demostrado favorecer la flexibilidad conductual y facilitar tanto la adaptación social como la alimentaria, con efectos positivos sobre el bienestar animal y el desempeño productivo (De Paula Vieira et al., 2010; Liu et al., 2020). Asimismo, se ha asociado con mayores ganancias de peso en la etapa de pre desleche (Knauer et al., 2021), una mejor expresión en conductas sociales y una menor respuesta de miedo frente a estímulos novedosos (Jensen & Larsen, 2014). Por su parte, la crianza en grupo ofrece beneficios adicionales, entre los que destaca un mayor consumo de alimento sólido previo al desleche (Miller-Cushon & DeVries, 2016), un consumo temprano de concentrado y forraje (Warnick et al., 1977), lo que se traduce en mejores ganancias de peso tanto antes como después de esta transición (Costa et al., 2016; Donadio et al., 2025). En términos de comportamiento, se ha observado que los terneros criados en grupo presentan mayores conductas de actividad, incluyendo alimentación y juego, y disminuyen la frecuencia de acicalamiento propio, posiblemente asociado a menores niveles de estrés (Donadio et al., 2025). Sin embargo, este sistema genera controversia debido a su posible asociación con un mayor riesgo de transmisión de enfermedades, en comparación con la crianza individual (Bertoni et al., 2021; Cobb et al., 2014). Aun así, la evidencia disponible sugiere que la incidencia de enfermedades infecciosas depende en mayor medida de las prácticas de manejo que del tipo de sistema de crianza empleado (Medrano-Galarza, LeBlanc, Jones-Bitton, DeVries, Rushen, de Passillé, Endres et al., 2018). En este sentido, factores como el método de suministro de leche, las condiciones de higiene, la ventilación, las prácticas de administración de calostro, la alimentación y el monitoreo sanitario resultan determinantes en la presentación de patologías, siendo el control de dichas variables una estrategia más efectiva para minimizar los problemas de salud en los terneros (Costa et al., 2016).

### 4.3. Alimentación durante la etapa de cría

La alimentación de los terneros inicia con la administración de calostro, un alimento altamente nutritivo que aporta una elevada concentración de energía y de inmunoglobulinas esenciales para el desarrollo del sistema inmunológico neonatal (Lopez & Heinrichs, 2022). Debido a que los bovinos presentan una placenta sindesmocorial que impide la transferencia de inmunoglobulinas desde la madre al feto durante la gestación, los terneros nacen agamaglobulinémicos y dependen exclusivamente de la ingestión de calostro materno para adquirir inmunidad pasiva (Godden et al., 2019). El calostro se suele administrar mediante mamadera, baldes con tetina, sonda buco esofágica o succión directa de la madre (Godden et al., 2009). Una encuesta realizada al sur de Brasil, sobre el sistema utilizado para el calostrado de los terneros, detectó que la práctica más frecuente es la succión directa de la madre seguido por la administración mediante mamadera o balde (Hötzel et al., 2014). En Estados Unidos y Reino Unido el método más utilizado para realizar el calostrado, es mediante mamaderas (Staněk et al., 2014; Urie et al., 2018a), al igual que en Uruguay (Schild et al., 2020). Para asegurar una adecuada TIP, el calostro debe ser de buena calidad (concentración de IgG  $\geq 50$  mg/mL), administrarse en cantidades adecuadas e inmediatamente luego del nacimiento (Morin et al., 2021; Shivley et al., 2018). Se debe suministrar de forma inmediata al nacimiento capitalizando el momento en que el intestino delgado tiene su máxima capacidad para absorber inmunoglobulinas, dado que a medida que transcurre el tiempo, dicha permeabilidad intestinal disminuye de forma progresiva reduciendo la eficiencia de la TIP (Lopez & Heinrichs, 2022). Es importante garantizar una adecuada TIP, ya que la falla de la misma se asocia con elevadas tasas de morbilidad y mortalidad en los terneros (Urie et al., 2018b; Keller et al., 2024).

La TIP se puede evaluar mediante la determinación de la concentración sérica de IgG (g/L), la concentración de proteínas séricas totales (PST; g/dL) o el contenido de sólidos totales expresado en porcentaje Brix (% Brix; Lombard et al., 2020). Se han desarrollado varios métodos para medir la concentración de IgG, ya sea de manera directa o indirecta (Weaver et al., 2000). Métodos directos como la prueba de inmunodifusión radial (RID), si bien este método se considera el “gold standard” o “método de referencia”, es una técnica costosa y poco práctica (Deelen et al., 2014). Otro método que podría ser una alternativa más económica es el ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA), (Gelsinger et al., 2015). En cuanto a los métodos indirectos, están los refractómetros digitales que miden proteína total sérica y lo expresan como % Brix, se consideran herramientas precisas, rápidas, económicas y útiles, que pueden ser fácilmente utilizadas a campo (Akköse et al., 2022). En un estudio que evaluó las concentraciones de IgG y proteína total sérica en terneros que recibieron calostro, se observó una fuerte correlación entre las 48 y 72h con los valores de referencia (IgG sérica:  $\geq 10$  g/L; PST  $\geq 5,2$  g/dL) a las 24 h, manteniéndose hasta los 9 días de vida. Esto indica que las mediciones de IgG o PST hasta los 9 días pueden usarse de manera confiable para evaluar la TIP (Wilm et al., 2018). Aunque el umbral de corte de IgG de 10 g/L fue ampliamente utilizado, hay reportes recientes que indican que este punto de corte debería ser reevaluado para reducir la morbilidad y mortalidad (Urie et al., 2018b).

En un trabajo realizado por Lombard et al. (2020), se estableció un rango para categorizar la TIP según las concentraciones de IgG séricas: excelente ( $\geq 25,0$  g/L), buena (18,0–24,9 g/L), regular (10,0–17,9 g/L) y deficiente ( $< 10$  g/L). De forma similar a los niveles séricos de IgG, se sugirieron cuatro categorías para el %Brix: deficiente ( $< 8,1$ ), regular (8,1–8,8), bueno (8,9–9,3) y excelente ( $\geq 9,4$ ), siendo  $< 8,1\%$  Brix equivalente a  $< 10$  g/L de IgG.

Una vez calostrado el ternero, la alimentación del mismo depende del consumo de leche o sustituto lácteo (Hammon et al., 2020). Es esencial que el sustituto lácteo o leche tenga buena calidad, concentración y volumen para que el animal esté bien nutrido (Carulla et al., 2023). Se ha demostrado que la inclusión de forraje en esta etapa tiene diversos beneficios, entre ellos, en el comportamiento de los animales, en el desempeño al estimular un mayor consumo de alimento sólido y al desarrollo físico del retículo-rumen (Horvath & Miller-Cushon, 2019; Khan et al., 2011a). En contrapartida, el forraje tiene el potencial de afectar el consumo de alimento iniciador, pero este efecto va a depender de la fuente, nivel y método de suministro de forraje, así como la forma física del alimento iniciador, principalmente (Imani et al., 2017).

En los sistemas de producción lechera, es habitual que los terneros sean alimentados con volúmenes equivalentes al 10% de su peso vivo (aproximadamente), lo que representa entre 4 y 6 litros por día (Hötzel et al., 2014; Staněk et al., 2014; Urie et al. 2018a). Estudios que han implementado una alimentación intensiva con leche *ad libitum*, destacan que favorece un mejor desarrollo y crecimiento de los terneros (Hammon et al., 2020). En contrapartida, los terneros tienden a consumir menores cantidades de concentrado cuando son alimentados con volúmenes altos de leche o *ad libitum* (Gerbert et al., 2018; Rosenberger et al., 2017). El consumo de alimentos sólidos es un factor clave para estimular el desarrollo ruminal (Carulla et al., 2023), un bajo consumo puede retrasar el desarrollo del rumen al limitar la fermentación microbiana (Yazdanyar et al., 2025). Por este motivo, Rosenberg et al. (2017), plantean que para fomentar el interés por el alimento sólido antes del desleche se pueden implementar estrategias como es la crianza colectiva, cuya efectividad también fue observada por Miller-Cushon & DeVries (2016).

El momento del desleche se define como la interrupción de la alimentación líquida, ya sea con leche o sustituto lácteo (Drackley, 2025). Este proceso puede realizarse en función de la edad del animal o de la cantidad de alimento iniciador sólido consumido (Benetton et al., 2019), siendo el criterio basado en la edad el más comúnmente empleado (Urie et al., 2018a). Esta transición representa una etapa crítica en el desarrollo de los rumiantes jóvenes (Carulla et al., 2023), dado que el adecuado desarrollo del rumen es fundamental para sustentar su crecimiento y rendimiento productivo (Wolfe et al., 2023). Asimismo, el desleche constituye un periodo de estrés para los terneros, debido a la concurrencia de factores estresantes adicionales, tales como el cambio de lugar de alojamiento, el agrupamiento con otros individuos y la modificación de su rutina alimentaria (Drackley, 2025). Esta práctica puede implementarse de forma gradual, mediante la reducción progresiva del volumen de alimentación líquida, o de forma abrupta, a través de la restricción total de dicha alimentación (Scoley et al., 2019). En este contexto, los SAA resultan atractivos para los productores, ya que permiten

implementar un programa de desleche gradual, estrategia que ha demostrado mayores beneficios frente al desleche abrupto (Sweeney et al., 2010). Además, el desleche gradual facilita la adaptación del ternero a la nueva dieta (Drackley, 2025), promoviendo un aumento temprano en el consumo de concentrado iniciador y contribuyendo a disminuir la incidencia de comportamientos estereotipados como puede ser la succión cruzada entre terneros, en comparación con aquellos sometidos a un desleche abrupto (Nielsen et al., 2008).

Por otra parte, un desleche realizado a una edad temprana permite reducir los costos asociados al uso de sustituto lácteo y a la mano de obra, mientras que postergar el desleche puede traducirse en mejores resultados productivos (Wolfe et al., 2023).

#### **4.4. Tecnología en la crianza: sistemas automáticos de alimentación**

Los SAA resultan una herramienta interesante para algunos sistemas de producción, ya que la misma permite manejar a los terneros en forma grupal, y que los mismos se alimenten en varias oportunidades al día, ofrece leche de forma constante en cuanto a cantidad y temperatura, además de permitir reducir el estrés al momento del desleche (Medrano-Galarza, LeBlanc, Jones-Bitton, DeVries, Rushen, de Passillé & Haley, 2018). Estos SAA registran el consumo diario de leche y los comportamientos de alimentación, los cuales incluyen cantidad de visitas sin recompensa (el ternero no recibe alimento), cantidad de visitas con recompensa (el ternero recibe alimento) y velocidad de consumo (ml/min), entre otros (Morrison et al., 2021; Swartz & Pettersson-Wolfe, 2022).

En Canadá, los productores que ya implementaron SAA consideran que estos ofrecen diversos beneficios: permiten que los terneros expresen comportamientos naturales, posibilitan aumentar la cantidad de leche suministrada sin incrementar la carga laboral, mejoran las condiciones de trabajo y reducen el tiempo que los operarios dedican a la limpieza del equipo de alimentación (Medrano-Galarza, LeBlanc, Jones-Bitton, DeVries, Rushen, de Passillé & Haley, 2018). En este contexto, un estudio que comparó los efectos de la crianza grupal en un SAA y en un sistema manual de alimentación, destacaron que los SAA fueron consistentemente más eficientes en el uso de mano de obra que los manuales, y sugieren que este ahorro de mano de obra podría ser destinado en otras áreas importantes de la crianza (Sinnott et al., 2021)

La implementación de un SAA suele implicar la crianza grupal de terneros, esto para los productores es percibido como una limitante para realizar un seguimiento individualizado para detectar posibles problemas de salud en los terneros (Medrano-Galarza, LeBlanc, Jones-Bitton, DeVries, Rushen, de Passillé & Haley, 2018). Sin embargo, Sutherland et al. (2018), observaron que los SAA pueden ser un recurso estratégico para la detección temprana de alteraciones en la salud y el bienestar de los terneros, ya sea por enfermedades o situaciones dolorosas, como el descorne. Además, diversos estudios han evidenciado que los SAA permiten identificar cambios en el comportamiento alimentario asociados a enfermedades (Morrison et al., 2021; Perttu et al., 2023), reflejados en un menor consumo de leche, una disminución en la frecuencia de visitas al alimentador (Duthie et al., 2021; Sutherland et al., 2018) y una reducción en la velocidad de consumo en comparación con terneros sanos (Cantor & Costa 2022; Conboy et

al., 2021). También se ha demostrado que la utilización de los SAA en ambientes inadecuados se asocian a un aumento considerable en el riesgo de neumonías (Curtis et al., 2016) y también bajo estas condiciones subóptimas, incrementa de forma significativa, la incidencia de diarrea, probablemente por una mayor transmisión de patógenos entéricos (Curtis et al., 2016). Sin embargo, estudios han reportado que la prevalencia de diarrea y neumonías en establecimientos que emplean SAA con alojamiento grupal, resulta similar a la observada en establecimientos que utilizan sistemas individuales de alimentación y alojamiento, lo que sugiere que el estado sanitario de los animales depende en mayor medida de las prácticas de manejo, que del tipo de sistema utilizado (Medrano-Galarza, LeBlanc, Jones-Bitton, DeVries, Rushen, de Passillé, Endres, et al., 2018).

Los SAA ofrecen información valiosa, pero no deben considerarse una herramienta diagnóstica exclusiva para la detección de animales enfermos, sino un recurso útil para la detección temprana de alteraciones que justifiquen la inspección individual de los terneros (Conboy et al., 2021). Un aspecto de interés de los SAA es el valor que tienen como herramienta de monitoreo temprano del estado nutricional y desarrollo de los terneros (Legge et al., 2024). Un estudio observacional demostró que los datos de bajo consumo de leche y alto número de visitas no recompensadas registrados por los SAA en los primeros días de vida presentan una alta correlación positiva con el peso vivo al desleche, lo que permite identificar tempranamente terneros con bajo desempeño y actuar para mejorar su potencial de crecimiento, resaltando así el valor de los SAA no solo como herramienta de alimentación sino también de monitoreo temprano del estado nutricional y desarrollo (Legge et al., 2024).

#### **4.5. Crecimiento, desarrollo y metabolismo energético de los terneros**

El crecimiento y desarrollo de los terneros se ve influenciado por el sistema de crianza y alimentación (Chester et al., 2017; Gelsinger et al., 2016; Lindner et al., 2025). Bajo esta perspectiva, el nivel de suministro de leche es particularmente crucial en las primeras semanas de vida, dado que los terneros menores de tres semanas de vida tienen una capacidad limitada para digerir eficientemente el alimento sólido (Relling & Mattioli, 2003). Para que los terneros alcancen altas tasas de crecimiento, ofrecer la cantidad correcta de leche es determinante para asegurar que su peso al desleche sea entre el doble y el triple del peso al nacer (Renaud, 2025). Por lo tanto, maximizar el consumo de nutrientes provenientes de la leche en esta etapa puede contribuir a un mejor perfil metabólico (Leal et al., 2021) e incrementar significativamente la ganancia diaria de peso vivo (GDPV), favoreciendo así el crecimiento y desarrollo (Hammon et al., 2020; Yazdanyar et al., 2025; Xiao et al., 2025). Además, diversos estudios han señalado que el suministro de mayores volúmenes de leche se asocia positivamente con la producción de leche en la primera lactancia (Gelsinger et al., 2016; Moallem et al., 2010; Soberon et al., 2012), aunque esta relación no siempre ha sido consistente (Kiezebrink et al., 2015). Es importante considerar que un aumento en el consumo de leche implica un incremento significativo en los costos de alimentación; sin embargo, su restricción podría comprometer el crecimiento de los terneros, incrementar la susceptibilidad a enfermedades y, a largo plazo, generar mayores costos derivados de estos efectos negativos (Xiao et al., 2025).

El crecimiento corporal y desarrollo digestivo también ha sido evaluado mediante el análisis del perfil metabólico (Aghakhani et al., 2023; Khan et al., 2011a; Terler et al., 2022). Se han identificado variables que afectan el estatus metabólico posterior, como la calidad y cantidad de alimentación durante la etapa de cría (Kénez et al., 2018). A su vez, en esta etapa de crecimiento temprano, ocurren varios cambios en los perfiles metabólicos (Mohri et al., 2007; Knowles et al., 2000; Santos et al., 2023). Respecto al perfil proteico, los terneros al nacer presentan bajos niveles de proteínas séricas debido a la escasa albúmina e inmunoglobulinas (Piccione et al., 2009). Tras la ingestión de calostro, se observa un incremento de IgG, globulinas y proteínas totales, seguido de un descenso progresivo por la degradación de inmunoglobulinas absorbidas (Mohri et al., 2007). De acuerdo con Knowles et al. (2000), las concentraciones de albúmina en terneros permanecen por debajo de los valores de referencia establecidos para animales adultos hasta transcurridos los primeros nueve días de vida. No obstante, Mohri et al. (2007), observaron que los niveles de albúmina se ubicaron dentro del rango de referencia adulto a partir del día 28 y se mantuvieron hasta el día 84 luego del nacimiento.

En cuanto a la concentración sérica de IgG, la misma se ha asociado con el desempeño previo al desleche (Robison et al., 1988) y con la futura producción de leche (DeNise et al., 1989). En este sentido, algunos estudios que aplicaron la clasificación de TIP propuesta por Lombard et al. (2020), reportaron que los animales con TIP buena y excelente alcanzaron mayores GDPV en comparación con aquellos con TIP deficiente (Pereira et al. 2024; Sutter et al., 2023). Sin embargo, Crannell & Abuelo (2023), utilizando la misma clasificación no hallaron diferencias significativas en la GDPV entre los distintos niveles de TIP. Por otra parte, se ha demostrado que los terneros con concentraciones de PST > 6,5 g/dL presentan un mayor consumo de iniciador, menor incidencia de neumonía y diarrea, lo que se traduce en una mayor GDPV y un mejor crecimiento estructural (Aghakhani et al., 2023; Cortese et al., 2020). De manera complementaria, Stefańska et al. (2021), evaluaron los efectos a corto y largo plazo de la concentración inicial de PST, el consumo inicial de concentrado y la GDPV durante la última semana previo al desleche, observando que los animales con mejores parámetros iniciales presentaron un mejor crecimiento, así como mayores resultados productivos y reproductivos en etapas posteriores. Estos hallazgos sugieren que el grado de inmunidad pasiva influye de manera determinante en el crecimiento de los terneros durante el primer mes de vida (Aghakhani et al., 2023). Además, la medición de proteínas séricas puede aportar información indicativa de patologías (Piccione et al., 2009).

En cuanto al metabolismo energético, los terneros dependen inicialmente de la glucosa y lípidos aportados por el calostro y la leche. Con el inicio del consumo de alimentos sólidos, se desarrolla la fermentación ruminal y el metabolismo hepático cambia de glucolítico a gluconeogénico, utilizando ácidos grasos de cadena corta en lugar de glucosa láctea (Baldwin et al., 2004; Suarez-Mena et al., 2016). El desarrollo del retículo-rumen implica el aumento de masa y capacidad de carga, expansión de la superficie epitelial mediante proliferación celular y organización en papilas, y engrosamiento de las capas musculares para realizar contracciones de mezcla y eructo (Benschop & Cant 2009). Este proceso va acompañado de

una reorganización del metabolismo y la distribución de los nutrientes (Baldwin et al., 2004). El consumo de iniciador y el desarrollo ruminal se reflejan en el aumento sanguíneo de BHB (Deelen et al., 2016). Sin embargo, factores como edad, desleche, estrés, consumo de leche y hora del día pueden afectar su variabilidad, limitando su valor como indicador confiable del consumo de iniciador o del momento óptimo del desleche (Suarez-Mena et al., 2016). Estudios sobre desleche temprano (28 días) o tardío (56 días) mostraron que los niveles de BHB aumentaron con la ingesta de grano y fueron mayores durante las semanas 0 a 4 y 5 a 8 en terneros deslechados temprano (Quigley et al., 1991). Por su parte, los niveles de AGNE disminuyeron con la edad y fueron más bajos durante las semanas 5 a 8 en los terneros deslechados temprano, reflejando el mayor consumo de grano y la fermentación ruminal, indicando que la cetogénesis fue predominantemente de origen alimentario (Quigley et al., 1991). Los niveles plasmáticos de AGNE son un indicador sensible del estado energético, aumentando durante el ayuno o la ingesta restringida y disminuyendo rápidamente tras la realimentación (Fox et al., 1991)

De acuerdo a lo visto hasta ahora, el crecimiento y desarrollo de los terneros lecheros durante la etapa de crianza está determinado por la alimentación, la maduración ruminal y el perfil metabólico (Hammon et al., 2020, Xiao et al., 2025), mientras que la TIP influye directamente en la salud, el consumo de alimento y la GDPV (Aghakhani et al., 2023; Cortese et al. 2020). Por ello, la evaluación integrada de TIP, alimentación y metabolismo, es fundamental para optimizar el crecimiento y desarrollo de los terneros, así como para prever su desempeño productivo.

## **5. HIPÓTESIS**

Una mayor transferencia de inmunidad pasiva (TIP) en terneros manejados en un sistema automático de alimentación generará un mayor desempeño productivo y mejores resultados en relación al metabolismo energético de los animales durante la etapa de cría, en comparación con aquellos terneros con una menor TIP. En particular, se espera que los terneros con TIP Excelente presenten un mayor desarrollo corporal, mayor consumo de alimento y un metabolismo energético más favorable, con respecto a terneros con una TIP Pobre.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto del nivel de TIP sobre el desarrollo corporal, el consumo de alimento y el metabolismo energético en terneros manejados en un SAA durante la etapa de cría.

### **6.2. Objetivos específicos**

Evaluar el efecto de la TIP en terneros de tambo manejados en un sistema automático de alimentación (SAA) durante el periodo de cría, sobre:

- la evolución del PV, GDPV y AC,
- el consumo de leche y concentrado iniciador, y
- las concentraciones de albúminas, proteínas séricas totales, AGNE y BHB.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1. Ubicación

El ensayo experimental se desarrolló en el Campo Experimental N° 2 de Facultad de Veterinaria, ruta 1 km 42,5, Libertad, San José, Uruguay. Los procedimientos se realizaron de acuerdo a los reglamentos sobre el uso de animales de experimentación, enseñanza e investigación, de la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (C.H.E.A., Udelar) en el marco de un protocolo de investigación por la Comisión de Experimentación en el Uso de Animales (número de protocolo 1723).

### 7.2. Animales, alimentación y alojamiento

Se trabajó con 48 terneros/as, con peso promedio inicial al nacimiento de  $33,78 \pm 0,81$  kg (media  $\pm$ , EEM), hijos/as de vacas y de vaquillonas, Holando, Jersey y sus cruza, del rodeo lechero existente en el Campo Experimental N°2, Facultad de Veterinaria. El trabajo comenzó con los nacimientos de los terneros en el mes de abril del 2024 y finalizó en agosto del 2024, abarcando la etapa entre el nacimiento y el desleche de los terneros (etapa de cría). Se realizó un calostro natural, permitiendo que los terneros permanecieran con sus madres durante aproximadamente 12 horas posparto. Para la alimentación de los terneros se utilizó leche entera pasteurizada no comercializable. Durante los primeros tres días de vida, los animales se alojaron en bretes individuales, donde recibieron 4 litros de leche diarios, fraccionados en dos tomas (AM y PM), mediante baldes con tetina, y tuvieron acceso *ad libitum* a agua. Posteriormente fueron incorporados al sistema automático de alimentación (SAA; DeLaval CF150X).

El SAA cuenta con dos unidades de alimentación, las cuales funcionan en serie. Cada unidad cuenta con una tetina para la oferta de leche y un comedero para la oferta de concentrado; al ingreso a cada unidad, el sistema operativo identifica al ternero mediante un dispositivo de trazabilidad y ofrece el alimento previamente definido por el operario. Los terneros fueron distribuidos entre las dos unidades del SAA, en forma homogénea en cuanto a peso vivo y edad. A su vez, cada unidad del SAA dispone de un corral de 16 x 9 metros, al aire libre, con un comedero para la oferta de heno y un bebedero, además de un área techada para resguardo de los terneros.

En el SAA cada ternero recibía 6 litros de leche por día, concentrado comercial, heno y agua *ad libitum*, la composición química se describe en cuadro I. La oferta de leche comenzó en 4 litros/día en el ingreso al SAA y se fue incrementando gradualmente (0,2 l/d) hasta llegar al día 10 con una oferta de leche de 6 litros diarios. Esta oferta de leche permaneció constante hasta el día 50, luego comenzó a disminuir gradualmente (0,6 l/d), para llegar al día 60, con una oferta de 0 litros de leche. En el caso del concentrado se comenzó con una oferta de 0,5 kg al ingreso de los terneros al SAA, y se incrementó de forma gradual hasta alcanzar los 2,5 kg de oferta de concentrado al día 60. En cuanto al heno, se

ofreció heno de gramíneas *ad libitum* en un comedero grupal (35-40 cm de frente/ternero) ubicado en cada corral.

**Cuadro I.** Composición química de los alimentos utilizados en terneros manejados en un sistema de alimentación automático durante la etapa de cría.

	Leche <sup>1</sup>	Concentrado <sup>2</sup>	EEM
Proteína (%)	3,2	18,6	0,01
Grasa (%)	4,5	3,4	0,10
Lactosa (%)	4,7	-	0,02
Sales (%)	0,7	-	0,03
H(%)		10,6	
FC(%)		5,3	
FDA (%)		6,0	
FDN (%)		19,0	
Cenizas(%)		5,7	
EM. Mcal/Kg			
MS(%)		3,04	

<sup>1</sup> La composición de la leche es el promedio de 104 muestras tomadas durante el experimento. <sup>2</sup>Ración iniciación. H- humedad; FC- fibra cruda; FDA- fibra detergente ácido; FDN- fibra detergente neutro. EEM - error estándar de la media.

### 7.3. Determinaciones durante el periodo de cría

A las 48 horas de nacidos los terneros se pesaron y se estimó la TIP mediante refractometría en % Brix utilizando el refractómetro comercial digital de la marca ATAGO (Japón).

En cada día, entre las 09:00 y 10:00 h, se registró el consumo de leche y concentrado a través del SAA, que proporciona los datos de manera individual para cada ternero. Se tomaron muestras de leche directa desde el tanque de alimentación (AM y PM) para su posterior análisis, con el objetivo de conocer su composición y determinar los aportes diarios de grasa y proteína que se realizan a la dieta de los terneros desde la leche. Estas muestras fueron analizadas diariamente, mediante un equipo Lactoscan, en el laboratorio ubicado en la Planta Piloto de Elaboración de Quesos, en las instalaciones del Campo Experimental N°2 de Facultad de Veterinaria.

En relación a las variables de desarrollo corporal, en forma semanal se determinó el peso vivo (PV) mediante la utilización de una balanza electrónica (Terko-TK3506, Nueva Zelanda), y la altura a la cruz (AC) con la utilización de un distanciómetro. La GDPV se calculó tomando la diferencia en kilogramos entre dos mediciones consecutivas, dividida por el número de días transcurridos entre ellas. A su vez, en los 2, 15, 35 y 56 días de vida, se tomó una muestra de sangre de cada ternero, dentro de su propio corral, para la determinación de las

concentraciones de metabolitos sanguíneos. Las muestras de sangre fueron obtenidas a primera hora de la mañana (08:00 a 10:00) mediante venopunción de la vena yugular, previa antisepsia local (alcohol 70%), se colocaron en tubos con separador de suero y se centrifugaron (3000 g x 15 minutos). El suero fue separado y se conservó a -20°C hasta realizar los análisis correspondientes. Las concentraciones de las variables séricas (Proteínas Totales, Albúmina, Ácidos Grasos No Esterificados, beta hidroxibutirato) se determinaron mediante ensayos colorimétricos en un autoanalizador BA200 (© Biosystems S.A., Barcelona, España) utilizando kits comerciales, de Biosystems, Wako [NEFA-HR(2)], (Wako Pure Chemical Industries Ltd., Osaka, Japan) para ácidos grasos no esterificados y Biosystems para el resto de las variables. El análisis de las muestras de suero para determinar dichas variables (metabolismo energético) se determinaron en el Laboratorio de Endocrinología y Metabolismo Animal de la Facultad de Veterinaria.

Luego de finalizado el ensayo experimental, se clasificó a los terneros en 3 niveles de TIP (Lombard et al., 2020): Pobre (<8,1% Brix), Aceptable (8,1-9,5% Brix) y Excelente ( $\geq 9,5$  %Brix) y para la determinación del consumo de alimentos, se establecieron 6 periodos de 10 días cada uno, tanto para el registro del consumo de leche concentrado.

#### **7.4. Análisis estadístico**

Se utilizó el programa SAS On Demand for Academics para el análisis de los datos. Los datos fueron sometidos inicialmente a un análisis para detectar valores atípicos y para comprobar la normalidad de los residuales mediante procedimientos univariados (PROC UNIVARIATE). Se consideró como unidad experimental el animal. Sobre aquellos datos con distribución normal, se utilizó un modelo lineal mixto (PROC MIXED), mientras que los datos que no presentaron distribución normal, se analizaron a través de un modelo lineal mixto generalizado (PROC GLIMMIX).

Para aquellas variables repetidas en el tiempo (PV, GDPV, AC, consumo de leche, consumo de concentrado, variables metabólicas), se consideraron como efectos fijos la TIP, el periodo y la interacción entre ambos, mientras que se consideró como efecto aleatorio el ternero. La estructura de covarianza utilizada fue la SP (POW). Las medias de las variables evaluadas fueron comparadas mediante el test de Tukey. De acuerdo a las estimaciones realizadas, el tamaño de muestra mínimo para obtener una correlación de 0,6 fue de 29 (nivel de significación = 0,05; potencia = 0,8; SAS On Demand for Academics). Se aceptaron como diferencias significativas valores de  $P \leq 0,05$  y como tendencia valores de  $0,05 < P \leq 0,10$ . Los resultados se presentan como la media  $\pm$  EEM.

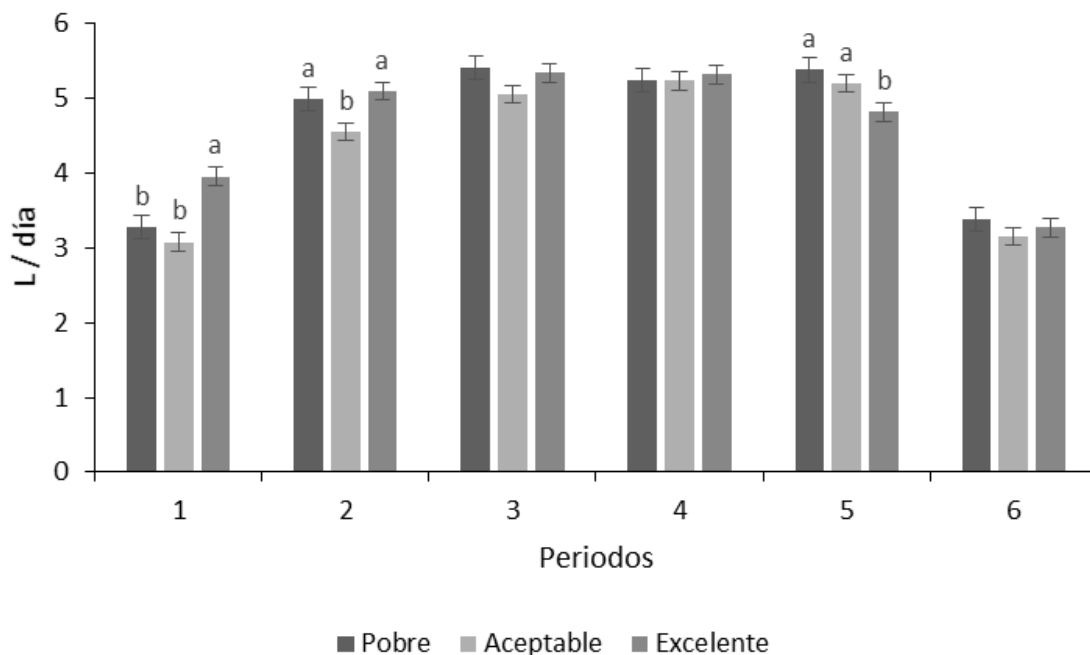
## 8. RESULTADOS

En relación al consumo de alimentos, se observó un efecto del nivel de TIP sobre el consumo de leche (Cuadro II). En promedio, durante el periodo de cría los terneros con TIP Excelente consumieron más leche con respecto a los terneros con TIP Pobre y Aceptable. A su vez, los terneros con TIP Pobre presentaron un mayor consumo de leche con respecto a los terneros con TIP Aceptable. También se evidenció una interacción entre nivel de TIP y periodo (Cuadro II; Figura 1). En el periodo 1, los terneros con TIP Pobre y Aceptable consumieron menos leche que los de TIP Excelente. En el periodo 2, los terneros con TIP Pobre y Excelente consumieron más leche que los de TIP Aceptable. En el periodo 5 los terneros con TIP Pobre y Aceptable registraron un mayor consumo que los de TIP Excelente.

**Cuadro II.** Consumo promedio de leche y concentrado de terneros con distintos niveles de transferencia de inmunidad pasiva durante la etapa de cría.

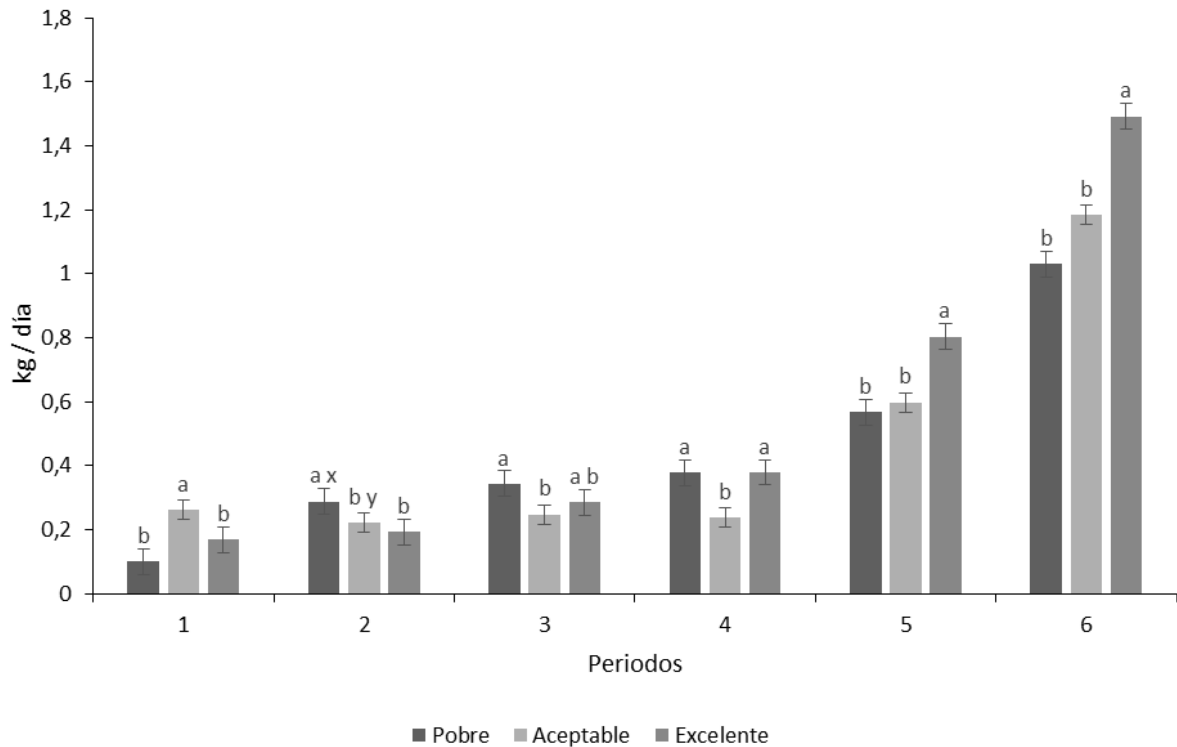
	Eficiencias				<i>P</i> -value		
	Pobre	Aceptable	Excelente	EEM	Eficiencias	Periodo	Efic*Periodo
Consumo de leche (L/día)	4,52	4,27	4,57	0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Consumo de concentrado (Kg/día)	0,36	0,37	0,40	0,02	0,12	< 0,01	< 0,01

Se utilizó la clasificación propuesta por Lombard et al. (2020): Pobre (<8,1% Brix); Aceptable (8,1-9,5% Brix); Excelente ( $\geq$  9,5 %Brix). EEM - error estándar de las medias



**Figura 1.** Consumo de leche en terneros con distintos niveles de transferencia de inmunidad pasiva. Se utilizó la clasificación propuesta por Lombard et al. (2020): Pobre (<8,1% Brix); Aceptable (8,1-9,5% Brix); Excelente ( $\geq 9,5$  %Brix). Cada periodo abarca 10 días, comenzando el periodo 1 con el ingreso de los terneros al sistema automático de alimentación a las 72 horas de nacidos. Letras diferentes indican diferencias significativas.

Respecto al consumo de concentrado, no se observó un efecto del nivel de TIP sobre este (Cuadro II). Sin embargo, sí se evidenció una interacción entre el nivel de TIP y el periodo de medición ( $P < 0,01$ ; Figura 2). En el periodo 1, los terneros con TIP Aceptable consumieron más concentrado que TIP Pobre y Excelente. Por el contrario, en el periodo 2 los terneros con TIP Pobre presentaron un mayor consumo de concentrado respecto a los de TIP Excelente y tendieron ( $P = 0,09$ ) a consumir más concentrado que los de TIP Aceptable. Asimismo, en el periodo 3, los terneros con TIP Pobre presentaron un mayor consumo de concentrado respecto a los de TIP Aceptable. En el periodo 4 los terneros con TIP Pobre y Excelente presentaron un mayor consumo de concentrado respecto a los de TIP Aceptable. Posteriormente, en el periodo 5, los terneros con TIP Excelente consumieron más concentrado que los de TIP Pobre y Aceptable, al igual que en el periodo 6 los terneros con TIP Excelente consumieron más concentrado que los de TIP Pobre y Aceptable.



**Figura 2.** Consumo de concentrado en terneros con distintos niveles de transferencia de inmunidad pasiva. Se utilizó la clasificación propuesta por Lombard et al. (2020). Pobre (<8,1% Brix); Aceptable (8,1-9,5% Brix); Excelente ( $\geq 9,5$  %Brix). Cada periodo abarca 10 días, comenzando el periodo 1 con el ingreso de los terneros al sistema automático de alimentación a las 72 horas de nacidos. Letras diferentes indican diferencias significativas.

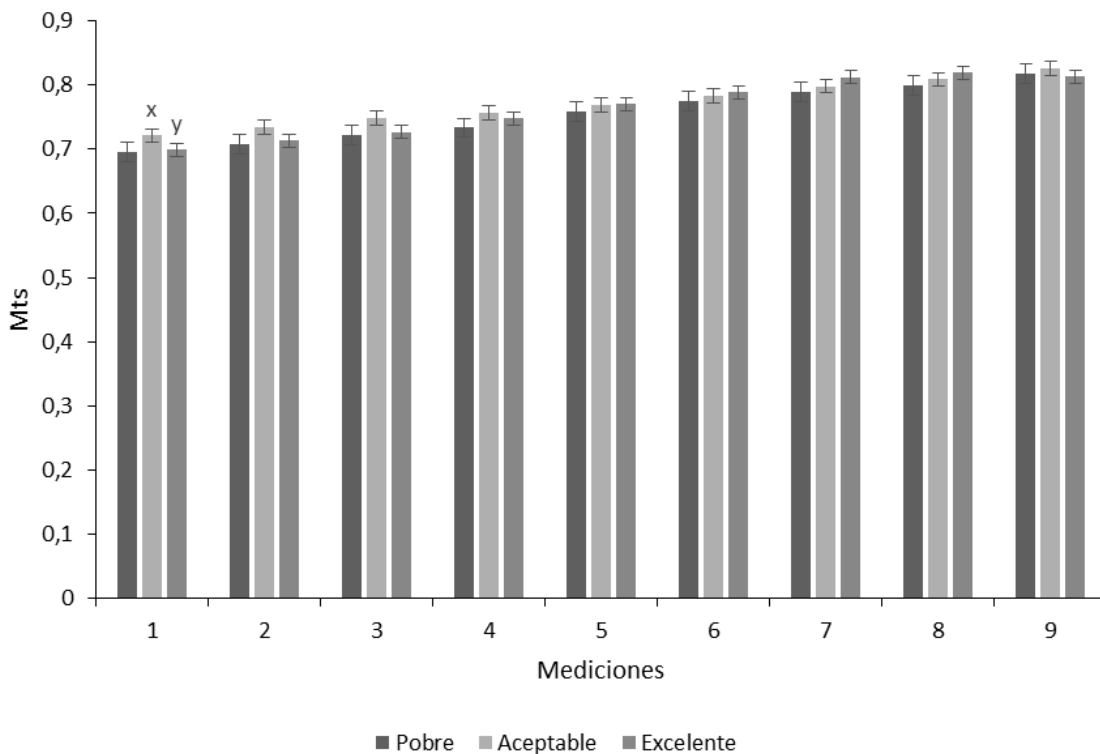
En relación a las variables por las cuales se explica el desempeño productivo, no se observó un efecto del nivel de TIP sobre el peso vivo, tampoco se observó interacción entre el periodo y los niveles de TIP (Cuadro III). En lo que respecta a GDPV, no se observó efecto del nivel de TIP sobre la GDPV, y no existió interacción entre las GDPV y los niveles de TIP (Cuadro III). Por último, en la medición de AC no se observó un efecto en los niveles de TIP (Cuadro III), pero se observó una tendencia en la interacción entre periodos y niveles de TIP (Figura 3).

**Cuadro III.** Variables de desempeño productivo

	Eficiencias			EEM	<i>P</i> -value		
	Pobre	Aceptable	Excelente		Eficiencias	Periodo	Efic*Periodo
PV (Kg)	44,70	45,50	47,20	0,01	0,60	< 0,01	0,20
GDPV (Kg/día)	0,66	0,65	0,70	0,11	0,50	< 0,01	0,13
AC (m)	0,75	0,77	0,76	0,01	0,60	< 0,01	0,08

Se utilizó la clasificación propuesta por Lombard et al. (2020): Pobre (<8,1% Brix); Aceptable (8,1-9,5% Brix); Excelente ( $\geq 9,5$  %Brix). PV: peso vivo; GDPV:

ganancia diaria de peso vivo; AC: altura a la cruz. EEM - error estándar de las medias.



**Figura 3.** Altura a la cruz en terneros con distintos niveles de transferencia de inmunidad pasiva. Se utilizó la clasificación propuesta por Lombard et al. (2020). Pobre (<8,1% Brix); Aceptable (8,1-9,5% Brix); Excelente ( $\geq 9,5$  %Brix). Las mediciones se realizaron de forma semanal, iniciando la pesada 1 con el ingreso de los animales. Letras diferentes indican diferencias significativas.

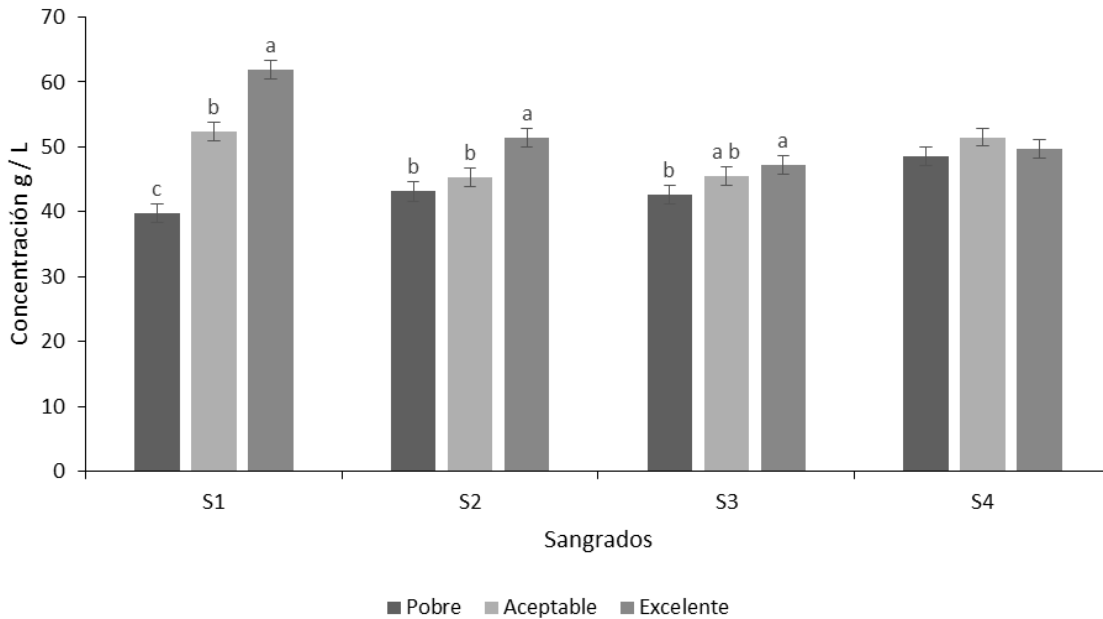
En relación a la albúmina, no se encontró un efecto con relación a los distintos niveles de TIP (Cuadro IV). Asimismo, no se observaron diferencias en la interacción entre los niveles de TIP y los días de muestreo (Cuadro IV). Sin embargo, sí se encontraron diferencias entre los días de muestreo (Cuadro IV), observándose un incremento progresivo en las concentraciones albúmina a medida que avanzaba la edad de los terneros ( $25,4\pm 0,5$ ,  $29,08\pm 0,2$ ,  $32,6\pm 0,5$ ,  $33,42\pm 0,5$  g/L; en los días 2, 15, 35 y 56 respectivamente). No obstante, entre los días 35 y 56 no se observaron diferencias ( $P= 0,26$ ).

**Cuadro IV.** Mediciones sanguíneas promedio de terneros durante la etapa de cría

	Eficiencias				<i>P</i> -value		
	Pobre	Aceptable	Excelente	EEM	Eficiencias	Sangrado	Efic*Sangrado
Albúmina (g/L)	30,2	29,4	30,3	0,4	0,19	< 0,01	0,68
Proteínas Totales (g/L)	43,4	48,6	52,3	0,7	< 0,01	< 0,01	< 0,01
BHB (mmol/L)	0,12	0,11	0,09	0,009	0,08	0,08	0,65
AGNE (mmol/L)	0,28	0,25	0,22	0,02	< 0,01	0,05	0,4

Se utilizó la clasificación propuesta por Lombard et al. (2020): Pobre (<8,1% Brix); Aceptable (8,1-9,5% Brix); Excelente ( $\geq$  9,5 %Brix). BHB- beta-hidroxibutirato; AGNE- ácidos grasos no esterificados. EEM - error estándar de las medias

Respecto a las proteínas totales, se observó un efecto del nivel de TIP sobre las concentraciones proteína totales, siendo menores las concentraciones de proteínas totales en terneros con TIP Pobres y Aceptables con respecto a terneros con TIP Excelente (Cuadro IV). Se encontraron diferencias entre los días de muestreo (Cuadro IV). Se observó que las concentraciones de proteínas totales en el día 2 fueron mayores que en el día 15, también fueron mayores con respecto al día 35 (Figura 4). A su vez, las concentraciones de proteínas totales en el día 15 fueron menores con respecto al día 56, del mismo modo, las concentraciones de proteínas totales del día 35 fueron menores que al día 56 (Figura 4). La interacción entre los periodos de muestreo y los niveles de TIP también fue significativa ( $P < 0,01$ ; Figura 4). Los terneros con TIP Pobre presentaron concentraciones más bajas con respecto a los terneros con TIP Aceptable en el día 2, de igual modo al día 2 los de TIP pobre presentaron concentraciones más bajas que los de TIP Excelente. A su vez en el día 15, los terneros con TIP Pobre presentaron menores concentraciones de proteínas totales con respecto a los terneros con TIP Excelente, de igual modo pero al día 35 terneros con TIP pobre presentaron valores menores que los TIP Excelente. Por otra parte, los terneros con TIP Aceptable presentaron concentraciones menores que los de TIP Excelente en los días 2 y 15.



**Figura 4.** Concentraciones sanguíneas de Proteínas Totales, según diferentes días de vida y niveles de transferencia de inmunidad pasiva en terneros. Se utilizó la clasificación propuesta por Lombard et al. (2020). Pobre (<8,1% Brix); Aceptable (8,1-9,5% Brix); Excelente ( $\geq 9,5$  %Brix). S1: Sangrado al día 2 de vida; S2: Sangrado al día 15 de vida; S3: Sangrado al día 35 de vida; S4: Sangrado al día 56 de vida. Letras diferentes indican diferencias significativas.

En cuanto al BHB, hubo una tendencia a que los terneros con TIP Pobre presentaran concentraciones mayores de BHB respecto a los de TIP Excelente (Cuadro IV). También se observó una tendencia del efecto del periodo: en los días 2 y 15 de vida a presentar mayores concentraciones con respecto al día 35 (Cuadro IV). A su vez al día 56 de vida presentó mayor concentración con respecto al día 35 (Cuadro IV). No se observaron diferencias en la interacción entre día de muestreo y TIP (Cuadro IV).

Finalmente, para los AGNE, se observó diferencias entre los días de muestreo (Cuadro IV). Los terneros evaluados en el día 2 presentaron mayores concentraciones en comparación con los días 15, 35 y 56 (Cuadro IV). Asimismo, se encontraron diferencias entre niveles de TIP, donde los terneros con TIP Pobre presentaron mayores concentraciones con respecto a los terneros con TIP Excelente (Cuadro IV). No se observaron diferencias en la interacción entre día de muestreo y TIP (Cuadro IV).

## 9. DISCUSIÓN

De acuerdo a la hipótesis planteada, en el presente trabajo los terneros con mayores niveles de TIP presentaron un mayor consumo de leche durante la etapa de cría. Si bien en este trabajo no se evaluó directamente el estado sanitario, este resultado podría estar relacionado con un mejor estado sanitario en estos animales, dado que una adecuada TIP facilita la neutralización temprana de patógenos y promueve un crecimiento saludable (Robison et al., 1988). También se observó que, durante los primeros 20 días de vida (periodos 1 y 2), los terneros con TIP Excelente presentaron un mayor consumo de leche con respecto a los terneros con TIP Aceptable. De acuerdo a la bibliografía consultada una mayor TIP se asocia con menor incidencia de enfermedades, particularmente diarrea y enfermedad respiratoria (Cuttance et al., 2018; Urie et al., 2018b). A su vez, se ha documentado que los episodios de enfermedad reducen el apetito y la motivación por alimentarse (Morrison et al., 2021; Perttu et al., 2023), lo que podría explicar el menor consumo observado en terneros con menor TIP. Sin embargo, se observó que los terneros con TIP Pobre consumieron, en promedio más leche que los de TIP Aceptable, particularmente en el periodo 2 presentaron un mayor consumo que los de TIP Aceptable. Este hallazgo no coincide con lo mencionado previamente, donde los terneros con menor TIP son más susceptibles a enfermedades (Cuttance et al., 2018; Weaver et al., 2000) y por ende, podrían presentar un menor consumo de alimento (Morrison et al., 2021; Perttu et al., 2023). No obstante, por tratarse de una diferencia aislada y no sostenida en el tiempo (en 5 de los 6 periodos evaluados el consumo fue equivalente entre ambos grupos), es probable que responda a variabilidad individual, a algún evento circunstancial de manejo o condición ambiental que afectó temporalmente el comportamiento alimentario de ciertos animales, a pesar de que todos los animales recibían el mismo manejo y se alojaron bajo las mismas condiciones ambientales (Carslake et al., 2022; Roland et al., 2016; Van Os et al., 2024).

En la semana previa al desleche (periodo 5) la situación se invirtió, los terneros con TIP Excelente presentaron un consumo de leche menor con respecto a los terneros de TIP Aceptable y Pobre. Este resultado coincide con el hecho de que en este periodo los terneros con TIP Excelente presentaron un mayor consumo de concentrado, con respecto a los terneros con TIP Aceptable y Pobre. Este cambio refleja el proceso de transición digestiva y el desarrollo progresivo del rumen durante la etapa de cría (Khan et al., 2011b). Según Relling y Mattioli (2003), el desarrollo digestivo del ternero puede dividirse en tres fases: (1) fase lactante (0–3 semanas), en la que la leche constituye la principal fuente de energía; (2) fase de transición (3–8 semanas), caracterizada por un aumento en el consumo de alimento sólido y el desarrollo de los preestómagos; y (3) fase final de lactante ( $\geq 8$  semanas), cuando el alimento sólido se convierte en la base de la dieta. Así, la disminución del consumo de leche en los terneros con TIP elevada indica una transición nutricional más eficiente hacia el alimento sólido.

En lo que respecta al consumo de concentrado, se observó un patrón inverso al del consumo de leche: durante las primeras semanas, los terneros con menor TIP presentaron mayores consumos de concentrado con respecto a los de mayor TIP.

Como se mencionó previamente, los terneros con menor TIP presentaron un menor consumo de leche durante este periodo, por lo que es probable que hayan compensado sus requerimientos energéticos mediante un mayor consumo de concentrado. Rosenberger et al. (2017), realizaron observaciones similares al evaluar diferentes planes alimenticios en terneros, donde reportaron que los animales que recibieron menores volúmenes de leche consumieron más concentrado previo al desleche que aquellos con mayor oferta de leche, lo cual podría explicarse como una respuesta compensatoria ante la menor disponibilidad de nutrientes provenientes desde la leche. En el presente estudio, este patrón podría deberse a una compensación nutricional frente a un acceso limitado o a una menor eficiencia en el consumo de leche, posiblemente influenciada por comportamientos competitivos asociados al alojamiento grupal (Jensen & Budde., 2006). Von Keyserlingk et al. (2004), demostraron que la competencia por el acceso a las tetinas puede reducir el tiempo de alimentación y el consumo de leche. De manera concordante, Jensen et al. (2008), señalan que el aumento de los desplazamientos por el acceso a la tetina puede generar diferencias en el consumo de leche entre terneros.

En las semanas finales antes del desleche ocurrió el efecto contrario, registrándose un mayor consumo de concentrado en los terneros con niveles más altos de TIP. Este aumento coincide con lo reportado por Aghakhani et al. (2023), quienes observaron que los terneros con mayores concentraciones séricas de proteína total incrementaron su consumo de alimento sólido a partir de la cuarta semana de vida, lo que evidencia una transición ruminal más eficiente. En conjunto, estos resultados sugieren que una adecuada TIP no solo mejora la salud inicial, sino que también favorece la maduración del sistema digestivo y la adaptación al desleche, traduciéndose en un mejor desempeño productivo.

Con relación a la albúmina, no se observó un efecto de los distintos niveles de TIP sobre sus concentraciones séricas, así como tampoco una interacción entre el día de muestreo y los distintos niveles de TIP. Sin embargo, se evidenció un incremento progresivo de la albúmina a medida que avanzó la edad de los terneros. Este patrón coincide con lo reportado previamente por diversos autores (Knowles et al., 2000; Mohri et al., 2007; Piccione et al., 2009), quienes también describen un aumento gradual de la albúmina en relación con la edad de los terneros durante la etapa de cría. Según Mohri et al. (2007), las concentraciones séricas de albúmina reflejan parcialmente la capacidad de síntesis hepática, y su incremento podría asociarse con un ajuste compensatorio ante la disminución de la presión osmótica sérica ocasionada por la reducción de los niveles de globulina, cuya vida media es de aproximadamente 21 días en el ternero (Robison et al., 1988). Este comportamiento también fue consistente con los resultados observados para proteínas totales, donde al día 56 de vida de los terneros, se registraron concentraciones superiores respecto de los días 15 y 35.

Además, se identificó que al día 2 de vida, las concentraciones de proteínas totales fueron más elevadas en comparación con los días 15 y 35. Este hallazgo coincide con lo reportado por Tóthová et al. (2016), quienes observaron un aumento marcado de las concentraciones de proteínas totales un día después de la ingestión de calostro, seguido por una disminución gradual durante el primer mes. Como señalan Piccione et al. (2009), al nacimiento los terneros presentan

bajos niveles de proteínas séricas, debido a la ausencia de IgG y a la limitada albúmina plasmática. Tras la ingestión de calostro, se produce un rápido aumento de IgG, globulinas y proteínas totales, seguido de un descenso progresivo relacionado con la degradación de las inmunoglobulinas (Mohri et al., 2007).

Por otra parte, se observó que los terneros con mayores niveles de TIP presentaron concentraciones superiores de proteínas totales respecto a terneros con menor TIP. Este resultado era esperado, dado que las inmunoglobulinas calostrales constituyen la fracción más importante de las proteínas séricas (Aghakhani et al., 2023); por lo tanto, una mayor absorción de IgG se refleja directamente en mayores concentraciones de globulinas y, en consecuencia, de proteínas totales. Esta relación ha sido ampliamente documentada y respalda el uso de la proteína total sérica como indicador indirecto de la TIP (Deelen et al., 2014; Elsohaby et al., 2015; Weaver et al., 2000).

En lo referente al BHB, los terneros con TIP Pobre tendieron a presentar mayores concentraciones de BHB con respecto a los de TIP Excelente. Asimismo, se observó una tendencia a concentraciones relativamente más elevadas de BHB en los días 2, 15 y 56 respecto al día 35. Si bien este patrón no coincide con lo descrito en la bibliografía, donde se reporta un aumento progresivo del BHB (Byrne et al., 2017; Deelen et al., 2016), los niveles sanguíneos obtenidos (0,11; 0,11; 0,09; 0,12; día 2, día 15, día 35, día 56; respectivamente) se encuentran dentro del rango reportado previamente (Byrne et al., 2017; Deelen et al., 2016; Suarez-Mena et al., 2016) y dentro del rango considerado normal (Roadknight et al., 2021).

En un estudio realizado por Ockenden et al. (2023), evaluaron las concentraciones de BHB durante el periodo previo al desleche en terneros sometidos a dos planes de alimentación (alto y bajo consumo de leche). Los autores observaron que, en los terneros con menor consumo de leche, las concentraciones de BHB fueron mayores en comparación con los terneros de alto consumo, consideraron que estas diferencias se presentaron por los distintos niveles nutricionales. En el presente estudio, el plan alimenticio fue uniforme para todos los terneros, por lo tanto las diferencias observadas podrían estar asociadas al nivel de TIP, sugiriendo que los terneros con TIP Pobre podrían haber experimentado un mayor estrés metabólico. Esto es consistente con el hallazgo de Ockenden et al. (2023), quienes observaron que el BHB se incrementó en situaciones de mayor estrés metabólico. Es importante considerar que el BHB en terneros pre-desleche presenta una marcada variabilidad individual, influenciada por el comportamiento alimentario, la tasa de fermentación ruminal y el estado sanitario (Suarez-Mena et al., 2016). Además, en situaciones de balance energético negativo, el BHB puede reflejar principalmente la intensidad de la cetogénesis hepática, más que el grado de fermentación ruminal (Deelen et al., 2016), lo cual podría explicar las diferencias observadas entre momentos de muestreo en este estudio.

Con respecto a los niveles de AGNE, se observó que los terneros con menor TIP presentaron concentraciones más elevadas en comparación con los de mayor TIP. Según Fox et al. (1991), los niveles plasmáticos de AGNE constituyen un indicador sensible del estado energético, aumentando en situaciones de ayuno o de consumo restringido. Tal como se describió previamente, en el presente

trabajo, los terneros con TIP Pobre presentaron un menor consumo de leche, lo que podría haber generado un menor aporte energético y, en consecuencia, una mayor movilización de reservas corporales para cubrir los requerimientos metabólicos. Este hallazgo concuerda con lo planteado por Ockenden et al. (2023), quienes señalan que el incremento de AGNE resulta de una mayor movilización de las reservas de grasa corporal en respuesta a un balance energético negativo. Asimismo, estos resultados son consistentes con lo reportado por Leal et al. (2021) y Wilms et al. (2024), quienes demostraron que distintos planes de alimentación durante el periodo pre-desleche pueden influir significativamente sobre el metabolismo energético de los terneros.

También se evidenció que, al día 2 de vida, las concentraciones de AGNE fueron mayores (0,44 mmol/L), con respecto a los posteriores sangrados. Resultados similares fueron reportados por Ockenden et al. (2023), quienes observaron que, en los terneros con menor consumo de leche, las concentraciones de AGNE disminuyeron de 0,30 mmol/L al nacimiento a 0,20 mmol/L a los 52 días de vida. El mismo patrón ocurrió con los de mayor consumo de leche, los cuales presentaron al nacimiento concentraciones de 0,27 mmol/L y a los 52 días de vida 0,15 mmol/L. Piccione et al. (2010), también reportaron una disminución progresiva de los AGNE durante el primer mes de vida, indicando que las concentraciones más elevadas en los primeros días podrían asociarse a la edad y al comienzo del consumo de alimentos.

En contraposición a la hipótesis planteada, no se observó un efecto de los niveles de TIP sobre la GDPV y el PV, tampoco se observó interacción entre los distintos niveles de TIP y mediciones. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Ferrando Bauer (2023), quien tampoco encontró relación entre los niveles séricos de IgG y la GDPV o el PV a los 28 y 56 días de edad. Así mismo, Cranell y Abuelo (2023), tampoco observaron diferencias significativas en la GDPV entre niveles de TIP. Por el contrario, Sutter et al. (2023), utilizando la clasificación propuesta por Lombard et al. (2020), encontraron que terneros con TIP Excelente y Aceptable presentaron mayor GDPV que aquellos con TIP Deficiente. En el mismo sentido, Aghakhani et al. (2023), observaron que terneros con mayores concentraciones séricas de proteínas, presentaron mayor PV a los 30 y 60 días, así como mayor GDPV a los 60 días. Las diferencias encontradas pueden deberse a la influencia de varios factores, como es la presencia de enfermedades durante la etapa de cría que reduce la GDPV, debido al menor consumo asociado a pérdida de apetito (Donovan et al., 1998). Así mismo, la cantidad y calidad del alimento administrado durante el periodo pre desleche influye significativamente en el crecimiento (Soberon et al., 2012; Soberon & Van Amburgh., 2013; Yazdanyar et al., 2025). En el presente estudio, desde la segunda hasta la octava semana de vida los terneros recibieron leche entera en cantidad equivalente al 18% del pv al nacer. En el trabajo realizado por Ferrando Bauer (2023), en ese mismo intervalo, se utilizó sustituto lácteo al 15%, mientras que en Sutter et al., 2023 en el mismo intervalo, se ofreció leche entera al 22% del pv, a la cual se le adicionó sustituto lácteo para incrementar el contenido de sólidos totales. Estas diferencias en el plan de alimentación podrían explicar las diferencias en respuestas observadas entre estudios. En cuanto a la AC, durante el periodo de cría no se observaron diferencias significativas entre los niveles de TIP. Sin embargo, se observó una tendencia en la primera semana de medición, donde los

terneros con TIP Aceptable tendieron a presentar una mayor AC en comparación a terneros con TIP Excelente. Este hallazgo difiere de lo reportado por Ferrando Bauer (2023), quien, trabajando con terneros Holstein de ambos sexos, no encontró diferencias en AC entre distintos niveles de IgG sérica. De forma similar, Pastorini et al. (2024), también utilizando terneros Holstein de ambos sexos, observaron que animales con buenos niveles de TIP no presentaron diferencias en AC. Pastorini et al. (2024), señalan que la ausencia de diferencias podría estar asociada al hecho de que todos los terneros presentaron igual consumo de alimento. No obstante, esta explicación no sería aplicable al presente estudio, dado que durante la primera semana los terneros con TIP Excelente presentaron un mayor consumo de leche respecto a los terneros con TIP Aceptable. Teniendo esto en consideración, y en comparación con los estudios mencionados, una posible explicación para la tendencia observada en el presente trabajo podría ser la heterogeneidad racial de la población evaluada (Holstein y Jersey), dado que ambos trabajos previos se realizaron exclusivamente con terneros Holstein.

## **10. CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos indican que una adecuada TIP en terneros manejados en un SAA, favorece el consumo temprano de leche, promueve la adaptación al concentrado y se asocia con un mejor estado metabólico, evidenciado por una menor movilización de reservas corporales. No obstante, esto no necesariamente se traduce en diferencias significativas en el crecimiento pre-desleche bajo los planes de alimentación empleados en este estudio. La TIP continúa siendo un factor determinante durante la etapa de cría, tanto para la salud y maduración del ternero, como para su transición nutricional y la eficiencia de adaptación al desleche.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aghakhani, M., Foroozandeh Shahraki, A. D., Tabatabaei, S. N., Toghyani, M., Moosavi-Zadeh, E., & Rafiee, H. (2023). 24-hour postnatal total serum protein concentration affects the health and growth performance of female Holstein dairy calves. *Veterinary Medicine and Science*, 9(5), 2230–2237. <https://doi.org/10.1002/vms3.1203>
- Akköse, M., Kutsal, H. G., Kurban, M., Çınar, E. M., Polat, Y., & Cengiz, M. (2022). Diagnostic accuracy of digital Brix and serum total protein refractometers in estimating different passive immunity levels in dairy calves. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 249, 110442. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2022.110442>
- Bach, A., & Ahedo, J. (2008). Record keeping and economics of dairy heifers. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 24, 117–138. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.001>
- Bach, A., Valls, N., Solans, A., & Torrent, T. (2008). Associations between nondietary factors and dairy herd performance. *Journal of Dairy Science*, 91(8), 3259–3267. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1030>
- Baldwin, R. L., VI, McLeod, K. R., Klotz, J. L., & Heitmann, R. N. (2004). Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. *Journal of Dairy Science*, 87(E. Suppl.), E55–E65.
- Beever, D. E., Bryant, M. J., Taylor, V. J., & Wathes, D. C. (2004). First lactation ovarian function in dairy heifers in relation to prepubertal metabolic profiles. *Journal of Endocrinology*, 180(1), 63–75. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1800063>
- Benetton, J. B., Neave, H. W., Costa, J. H. C., Von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2019). Automatic weaning based on individual solid feed intake: Effects on behavior and performance of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5475–5491. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15830>
- Benschop, D. L., & Cant, J. P. (2009). *Developmental changes in clearance of intravenous doses of glucose, acetate and  $\beta$ -hydroxybutyrate from plasma of calves*. *Livestock Science*, 122(2–3), 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.08.011>
- Bertoni, E. A., Bok, M., Vega, C., Parreño, V., Martinez, G. M., & Cimino, R. (2021). Influence of individual or group housing of newborn calves on rotavirus and coronavirus infection during the first 2 months of life. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1). <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02540-y>
- Byrne, C. J., Fair, S., English, A. M., Johnston, D., Lonergan, P., & Kenny, D. A. (2017). Effect of milk replacer and concentrate intake on growth rate, feeding behaviour and systemic metabolite concentrations of pre-weaned bull calves of two dairy breeds. *Animal*, 11(9), 1531–1538. [doi:10.1017/S1751731117000350](https://doi.org/10.1017/S1751731117000350)
- Camarero, V., Clariget, J. M., Alvarez, A., & Pérez Clariget, R. (2014, diciembre 3-4). R11 - *Suplementación pre parto en vacas de cría: Efectos sobre la condición*

*corporal y concentración plasmática de metabolitos e insulina*. Congreso de la Asociación Uruguaya de Producción Animal (AUPA), Montevideo, Uruguay. <https://www.inia.uy/sites/default/files/publications/2024-10/R11-Camarero-V.-2014.-V-Congreso-Uruguayo-Prod.Animal.pdf>

Cantor, M. C., & Costa, J. H. C. (2022). Daily behavioral measures recorded by precision technology devices may indicate bovine respiratory disease status in preweaned dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *105*(7), 6070-6082. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20798>

Cantor, M. C., Neave, H. W., & Costa, J. H. C. (2019). Current perspectives on the short- and long-term effects of conventional dairy calf raising systems: A comparison with the natural environment. *Translational Animal Science*, *3*(1), 549–563. <https://doi.org/10.1093/tas/txy144>

Carslake, C., Occhiuto, F., Vázquez-Diosdado, J. A., & Kaler, J. (2022). Repeatability and predictability of calf feeding behaviors—quantifying between- and within-individual variation for precision livestock farming. *Frontiers in Veterinary Science*, *9*, 827124. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.827124>

Carulla, P., Villagrà, A., Estellés, F., & Blanco-Penedo, I. (2023). Welfare implications on management strategies for rearing dairy calves: A systematic review. Part 1—feeding management. *Frontiers in Veterinary Science*, *10*, 1148823. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1148823>

Chester-Jones, H., Heins, B. J., Ziegler, D., Schimek, D., Schuling, S., Ziegler, B., de Ondarza, M. B., Sniffen, C. J., & Broadwater, N. (2017). Relationships between early-life growth, intake, and birth season with first-lactation performance of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *100*(5), 3697–3704. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12229>

Cobb, C. J., Obeidat, B. S., Sellers, M. D., Pepper-Yowell, A. R., & Ballou, M. A. (2014). Group housing of Holstein calves in a poor indoor environment increases respiratory disease but does not influence performance or leukocyte responses. *Journal of Dairy Science*, *97*, 3099–3109. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7823>

Conboy, M. H., Winder, C. B., Medrano-Galarza, C., LeBlanc, S. J., Haley, D. B., Costa, J. H. C., Steele, M. A., & Renaud, D. L. (2021). Associations between feeding behaviors collected from an automated milk feeder and disease in group-housed dairy calves in Ontario: A cross-sectional study. *Journal of Dairy Science*, *104*(9), 10183–10197. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20137>

Cortese, V. S., Vickers, M. C., & White, B. J. (2020). Association between serum total protein concentration and health and performance in dairy calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, *257*(1), 87–93. <https://doi.org/10.2460/javma.257.1.87>

Costa, J. H. C., Von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2016). Invited review: Effects of group housing of dairy calves on behavior, cognition, performance,

and health. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2453–2467. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10144>

- Crannell, P., & Abuelo, A. (2023). Comparison of calf morbidity, mortality, and future performance across categories of passive immunity: A retrospective cohort study in a dairy herd. *Journal of Dairy Science*, 106(4), 2729–2738. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22567>
- Curtis, G. C., Argo, C. M., Jones, D., & Grove-White, D. H. (2016). Impact of feeding and housing systems on disease incidence in dairy calves. *The Veterinary Record*, 179(20), 512. <https://doi.org/10.1136/vr.103895>
- Cuttance, E. L., Mason, W. A., Laven, R. A., & Phyn, C. V. C. (2018). The relationship between failure of passive transfer and mortality, farmer-recorded animal health events and body weights of calves from birth until 12 months of age on pasture-based, seasonal calving dairy farms in New Zealand. *The Veterinary Journal*, 236, 4–11. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.04.005>
- Day, M. L., & Anderson, 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](https://doi.org/10.2527/1998.76suppl_31x)
- De Paula Vieira, A., Guesdon, V., De Passillé, A. M., Von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2008). Behavioural indicators of hunger in dairy calves. *Applied Animal Behaviour Science*, 109(2–4), 180–189. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.03.006>
- De Paula Vieira, A., de Passillé, A. M., & Weary, D. M. (2012). Effects of the early social environment on behavioral responses of dairy calves to novel events. *Journal of Dairy Science*, 95(9), 5149–5155. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-5073>
- De Paula Vieira, A., Von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2010). Effects of pair versus single housing on performance and behavior of dairy calves before and after weaning from milk. *Journal of Dairy Science*, 93(7), 3079–3085. [doi:10.3168/jds.2009-2516](https://doi.org/10.3168/jds.2009-2516)
- Deelen, S. M., Leslie, K. E., Steele, M. A., Eckert, E., Brown, H. E., & DeVries, T. J. (2016). Validation of a calf-side  $\beta$ -hydroxybutyrate test and its utility for estimation of starter intake in dairy calves around weaning. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7624–7633. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11097>
- Deelen, S. M., Ollivett, T. L., Haines, D. M., & Leslie, K. E. (2014). Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 97, 3838–3844. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-7939>
- DeNise, S. K., Robison, J. D., Stott, G. H., & Armstrong, D. V. (1989). *Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers*. *Journal of Dairy Science*, 72(2), 552–554.

- Dichio, L., Amprimo, I., Azzaro, C., Almirón, L., Puccio, G., & Galli, J. (2015, agosto). Crianza artificial de las terneras en el módulo de Producción Lechera de la Facultad de Ciencias Agrarias. *Agromensajes*, (42), 47–50. <https://rephip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/ae4be268-da11-4fcf-877e-beaa2ac88336/content>
- Dirección de Estadística Agropecuaria. (2024). *Anuario estadístico agropecuario*. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
- Donadio, J. P., De-Sousa, K. T., Torres, R. de N. S., Alves, T. C., Hötzel, M. J., & Deniz, M. (2025). A meta-analysis approach to evaluate the effects of early group housing on calf performance, health, and behavior during the preweaning period. *Journal of Dairy Science*, 108(1), 954–967. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25159>
- Donovan, G. A., Dohoo, I. R., Montgomery, D. M., & Bennett, F. L. (1998). Associations between passive immunity and morbidity and mortality in dairy heifers in Florida, USA. *Preventive Veterinary Medicine*, 34(1), 31–46. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(97\)00060-3](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(97)00060-3)
- Drackley, J. K. (2025). Invited review: The weaning transition in dairy calves—Why so traumatic? *Applied Animal Science*, 41(3), 190–204. <https://doi.org/10.15232/aas.2024-02657gerber>
- Duthie, C. A., Bowen, J. M., Bell, D. J., Miller, G. A., Mason, C., & Haskell, M. J. (2021). Feeding behaviour and activity as early indicators of disease in pre-weaned dairy calves. *Animal*, 15(3), 100150. [10.1016/j.animal.2020.100150](https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100150)
- Elsohaby, I., Cameron, M., Elmoslemany, A., McClure, J. T., & Keefe, G. (2019). Effect of passive transfer of immunity on growth performance of preweaned dairy calves. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 83(2), 90–96.
- Fariña, S. R., & Chilibróste, P. (2019). Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: The case of farm systems in Uruguay. *Agricultural Systems*, 176, 102656. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.05.001>
- Ferrando Bauer, C. (2023). *Efecto del origen genético y del nivel de ingesta de inmunoglobulina G sobre la transferencia de inmunidad pasiva, el crecimiento y la salud en terneros Holstein*. [Tesis de maestría, Facultad de Veterinaria, UDELAR]. Colibri. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/42488>
- Fernández, M. (2011). Cría y recría de terneras (I). *Mundo Ganadero*, (243), 38–42. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_MG/MG\\_2011\\_243\\_38\\_42.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_2011_243_38_42.pdf)
- Fox, M. T., Gerrelli, D., Pitt, S. R., & Jacobs, D. E. (1991). The relationship between appetite and plasma non-esterified fatty acid levels in housed calves. *Veterinary Research Communications*, 15(2), 127–133. <https://doi.org/10.1007/BF00405144>

- Gelsinger, S. L., Heinrichs, A. J., & Jones, C. M. (2016). A meta-analysis of the effects of preweaned calf nutrition and growth on first-lactation performance. *Journal of Dairy Science*, 99, 6206–6214. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10744>
- Gelsinger, S. L., Smith, A. M., Jones, C. M., & Heinrichs, A. J. (2015). Technical note: Comparison of radial immunodiffusion and ELISA for quantification of bovine immunoglobulin G in colostrum and plasma. *Journal of Dairy Science*, 98(6), 4084–4089. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8491>
- Gerbert, C., Frieten, D., Koch, C., Dusel, G., Eder, K., Stefaniak, T., Bajzert, J., Jawor, P., Tuchscherer, A., & Hammon, H. M. (2018). Effects of ad libitum milk replacer feeding and butyrate supplementation on behavior, immune status, and health of Holstein calves in the postnatal period. *Journal of Dairy Science*, 101(8), 7348–7360. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14542>
- Godden, S. M., Haines, D. M., Konkol, K., & Peterson, J. (2009). Improving passive transfer of immunoglobulins in calves: II. Interaction between feeding method and volume of colostrum fed. *Journal of Dairy Science*, 92(4), 1758–1764. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1847>
- Godden, S. M., Lombard, J. E., & Woolums, A. R. (2019). Colostrum management for dairy calves. *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 35(3), 535–556. [10.1016/j.cvfa.2019.07.005](https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005)
- Gulliksen, S. M., Lie, K. I., Løken, T., & Østerås, O. (2009). Calf mortality in Norwegian dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 92(6), 2782–2795. [doi:10.3168/jds.2008-1807](https://doi.org/10.3168/jds.2008-1807)
- Hammon, H. M., Liermann, W., Frieten, D., & Koch, C. (2020). Importance of colostrum supply and milk feeding intensity on gastrointestinal and systemic development in calves. *Animal*, 14(s1), s133–s143. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003148>
- Heinrichs, A. J., Jones, C. M., Gray, S. M., Heinrichs, P. A., Cornelisse, S. A., & Goodling, R. C. (2013). Identifying efficient dairy heifer producers using production costs and data envelopment analysis. *Journal of Dairy Science*, 96(11), 7355–7362. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6488>
- Horvath, K. C., & Miller-Cushon, E. K. (2019). Evaluating effects of providing hay on behavioral development and performance of group-housed dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 102(11), 10411–10422. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16533>
- Hötzel, M. J., Longo, C., Balcão, L. F., Cardoso, C. S., & Costa, J. H. C. (2014). A survey of management practices that influence performance and welfare of dairy calves reared in southern Brazil. *PLoS One*, 9(7), e114995. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114995>
- Imani, M., Mirzaei, M., Baghbanzadeh-Nobari, B., & Ghaffari, M. H. (2017). Effects of forage provision to dairy calves on growth performance and rumen

fermentation: A meta-analysis and meta-regression. *Journal of Dairy Science*, 100(2), 1136–1150. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11561>

Instituto Nacional de la Leche. (2022). *Informe anual del sector lácteo en Uruguay*. <https://www.inale.org>

Jensen, M. B., & Budde, M. (2006). The effects of milk feeding method and group size on feeding behavior and cross-sucking in group-housed dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 89(12), 4778–4783. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72527-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72527-9)

Jensen, M. B., & Larsen, L. E. (2014). Effects of level of social contact on dairy calf behavior and health. *Journal of Dairy Science*, 97(8), 5035–5044. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7311>

Jensen, M. B., de Passillé, A. M., Von Keyserlingk, M. A. G., & Rushen, J. (2008). A barrier can reduce competition over teats in pair-housed milk-fed calves. *Journal of Dairy Science*, 91(4), 1607–1613. [doi:10.3168/jds.2007-0623](https://doi.org/10.3168/jds.2007-0623)

Jorgensen, M. W., Adams-Progar, A., de Passillé, A. M., Rushen, J., Salfer, J. A., & Endres, M. I. (2017). Mortality and health treatment rates of dairy calves in automated milk feeding systems in the Upper Midwest of the United States. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 9186–9193. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13198>

Keller, S., Donat, K., Söllner-Donat, S., Wehrend, A., & Klassen, A. (2024). Immediate dam-sourced colostrum provision reduces calf mortality—Management practices and calf mortality in large dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 66(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s13028-024-00780-8>

Kénez, Á., Koch, C., Korst, M., Kesser, J., Eder, K., Sauerwein, H., & Huber, K. (2018). Different milk feeding intensities during the first 4 weeks of rearing dairy calves: Part 3: Plasma metabolomics analysis reveals long-term metabolic imprinting in Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 8446–8460. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14559>

Khan, M. A., Weary, D. M., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2011a). Hay intake improves performance and rumen development of calves fed higher quantities of milk. *Journal of Dairy Science*, 94(7), 3547–3553. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3871>

Khan, M. A., Weary, D. M., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2011b). Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 94(3), 1071–1081. [doi:10.3168/jds.2010-3733](https://doi.org/10.3168/jds.2010-3733)

Kiezebrink, D. J., Edwards, A. M., Wright, T. C., Cant, J. P., & Osborne, V. R. (2015). Effect of enhanced whole-milk feeding in calves on subsequent first-lactation performance. *Journal of Dairy Science*, 98, 349–356. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-7959>

Knauer, W. A., Godden, S. M., Rendahl, A. K., Endres, M. I., & Crooker, B. A. (2021). The effect of individual versus pair housing of dairy heifer calves during the

preweaning period on measures of health, performance, and behavior up to 16 weeks of age. *Journal of Dairy Science*, 104(3), 3495–3507. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18928>

Knowles, T. G., Edwards, J. E., Bazeley, K. J., Brown, S. N., Butterworth, A., & Warriss, P. D. (2000). Changes in the blood biochemical and haematological profile of neonatal calves with age. *Veterinary Record*, 147(21), 593–598. <https://doi.org/10.1136/vr.147.21.593>

Leal, L. N., Doelman, J., Keppler, B. R., Steele, M. A., & Martín-Tereso, J. (2021). Preweaning nutrient supply alters serum metabolomics profiles related to protein and energy metabolism and hepatic function in Holstein heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 7711–7724. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19867>

Legge, S. W. J., Thomson, P. C., Clark, C. E. F., & García, S. C. (2024). Milk consumption and behavior of calves in automated calf feeders as early indicators of weaning liveweight. *JDS Communications*, 5(5), 474–478. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0488>

Lindner, E. E., Bonney-King, J., Burner, C. M., Krawczel, P. D., Bromfield, J. J., Bittar, J. H. J., Martins, T., & Miller-Cushon, E. K. (2025). Long-term effects of preweaning social housing on growth and reproductive development of dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 108(9), 10023–10036. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25946>

Liu, S., Ma, J., Li, J., Alugongo, G. M., Wu, Z., Wang, Y., Li, S., & Cao, Z. (2020). Effects of pair versus individual housing on performance, health, and behavior of dairy calves. *Animals*, 10(1), 50. <https://doi.org/10.3390/ani10010050>

Lombard, J., Urie, N., Garry, F., Godden, S., Quigley, J., Earleywine, T., McGuirk, S., Moore, D., Branan, M., Chamorro, M., Smith, G., Shivley, C., Catherman, D., Haines, D., Heinrichs, A. J., James, R., Maas, J., & Sterner, K. (2020). Consensus recommendations on calf- and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. *Journal of Dairy Science*, 103(8), 7611–7624. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17955>

Lopez, A. J., & Heinrichs, A. J. (2022). Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf. *Journal of Dairy Science*, 105(4), 2733–2749. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20114>

McFarland, D. S., McFarland, L. M., Shaw, D. J., & Macrae, A. I. (2024). *Calf management: Individual or paired housing affects dairy calf health and welfare*. *Animals*, 14(11), 1540. <https://doi.org/10.3390/ani14111540>

Medrano-Galarza, C., LeBlanc, S. J., Jones-Bitton, A., DeVries, T. J., Rushen, J., de Passillé, A. M., Endres, M. I., & Haley, D. B. (2018). Associations between management practices and within-pen prevalence of calf diarrhea and respiratory disease on dairy farms using automated milk feeders. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 2293–2308. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13733>

- Medrano-Galarza, C., LeBlanc, S. J., Jones-Bitton, A., DeVries, T. J., Rushen, J., de Passillé, A. M., & Haley, D. B. (2018). Producer perceptions of manual and automated milk feeding systems for dairy calves in Canada. *Canadian Journal of Animal Science*, 98(2), 250–259. <https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0038>
- Miller-Cushon, E. K., & DeVries, T. J. (2016). Effect of social housing on the development of feeding behavior and social feeding preferences of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 99(2), 1406–1417. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9869>
- Moallem, U., Werner, D., Lehrer, H., Zachut, M., Liveshitz, L., Yakoby, S., & Shamay, A. (2010). Long-term effects of ad libitum whole milk prior to weaning and prepubertal protein supplementation on skeletal growth rate and first-lactation milk production. *Journal of Dairy Science*, 93, 2639–2650. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-3007>
- Mohri, M., Sharifi, K., & Eidi, S. (2007). Hematology and serum biochemistry of Holstein dairy calves: Age related changes and comparison with blood composition in adults. *Research in Veterinary Science*, 83(1), 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2006.10.017>
- Morin, M. P., Dubuc, J., Freycon, P., & Buczinski, S. (2021). A calf-level study on colostrum management practices associated with adequate transfer of passive immunity in Québec dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 4904–4913. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19475>
- Morrison, J., Renaud, D. L., Churchill, K. J., Costa, J. H. C., Steele, M. A., & Winder, C. B. (2021). Predicting morbidity and mortality using automated milk feeders: A scoping review. *Journal of Dairy Science*, 104(6), 7177–7194. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19645>
- Nielsen, P. P., Jensen, M. B., & Lidfors, L. (2008). Milk allowance and weaning method affect the use of a computer controlled milk feeder and the development of cross-sucking in dairy calves. *Applied Animal Behaviour Science*, 109(2–4), 223–237. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.01.015>
- Ockenden, E. M., Russo, V. M., Leury, B. J., Giri, K., & Wales, W. J. (2023). Prewaning nutrition and its effects on the growth, immune competence and metabolic characteristics of the dairy calf. *Animals*, 13(5), 829. <https://doi.org/10.3390/ani13050829>
- Olmos Antillón, G., Fruscalso, V., & Hötzel, M. J. (2024). Farm and animal factors associated with morbidity, mortality, and growth of pre-weaned heifer dairy calves in southern Brazil. *Animals*, 14(22), 3327. <https://doi.org/10.3390/ani14223327>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). *Dairy market review*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/10d58506-df7b-467d-b5f6-c868b2ee6fa3/content>

- Otten, N. D., Skarbye, A. P., Krogh, M. A., Michelsen, A. M., & Nielsen, L. R. (2023). Monitoring bovine dairy calf health and related risk factors in the first three months of rearing. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 65(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s13028-023-00708-8>
- Palma Parodi, F., Montes, D., Bilbao, G., Bergonzelli, P., & Baudrix, D. (2013). *Mortalidad en terneras en crianza artificial en un tambo del partido de Balcarce, región Mar y Sierras*. 36° Congreso Argentino de Producción Animal. Corrientes, Argentina.
- Pastorini Corleto, M., Pomiés Figueroa, N., Meikle, A., & Mendoza Aguiar, A. (2024). Transference of passive immunity and growth in dairy calves born to dams with high or low somatic cell counts at dry-off and fed colostrum from cows with high or low somatic cell counts at dry-off. *Journal of Dairy Science*, 108, 2767–2779. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25335>
- Pereira, J. M. V., Ferreira, F. C., Carvalho, P. H. V., Bittar, J., Del-Rio, N. S., & Marcondes, M. I. (2024). Association of morbidity, mortality, and average daily gain with transfer of passive immunity in dairy-beef crossbred calves up to 60 days of life. *Journal of Dairy Science*, 107(10), 8223–8233. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24557>
- Perttu, R. K., Peiter, M., Bresolin, T., Dórea, J. R. R., & Endres, M. I. (2023). Feeding behaviors collected from automated milk feeders were associated with disease in group-housed dairy calves in the Upper Midwest United States. *Journal of Dairy Science*, 106(2), 1206–1217. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22043>
- Piccione, G., Casella, S., Giannetto, C., Vazzana, I., Niutta, P. P., & Giudice, E. (2009). Influence of age on profile of serum proteins in the calf. *Acta Veterinaria*, 59(4), 413–422. <https://doi.org/10.2298/AVB0904413P>
- Piccione, G., Casella, S., Pennisi, P., Giannetto, C., Costa, A., & Caola, G. (2010). Monitoring of physiological and blood parameters during perinatal and neonatal period in calves. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62, 1–12. DOI: 10.1590/S0102-09352010000100001
- Quigley, J. D., III, Caldwell, L. A., Sinks, G. D., & Heitmann, R. N. (1991). Changes in blood glucose, nonesterified fatty acids, and ketones in response to weaning and feed intake in young calves. *Journal of Dairy Science*, 74(1), 250–257. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78167-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78167-8)
- Relling, A. E., & Mattioli, G. A. (2003). *Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes*. UNLP Editorial Edulp.
- Renaud, D. (2025). Improving management of weaning for dairy calves. *Proceedings of the American Association of Bovine Practitioners*, 2025, 1–10. <https://doi.org/10.21423/aabppro20259240>
- Roadknight, N. W., Courtman, N. F., Mansell, P. D., Jongman, E. C., Loh, Z. A., & Fisher, A. D. (2021). Biochemistry and hematology reference intervals for

neonatal dairy calves aged 5–12 days. *Veterinary Clinical Pathology*, 50(2), 278–286. <https://doi.org/10.1111/vcp.12955>

Robison, J. D., Stott, G. H., & DeNise, S. K. (1988). Effects of passive immunity on growth and survival in the dairy heifer. *Journal of Dairy Science*, 71(5), 1283–1287. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79684-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79684-8)

Roland, L., Drillich, M., Klein-Jöbstl, D., & Iwersen, M. (2016). Invited review: Influence of climatic conditions on the development, performance, and health of calves. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2438–2452. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9901>

Rosenberger, K., Costa, J. H., Neave, H. W., Von Keyserlingk, M. A. G., & Weary, D. M. (2017). The effect of milk allowance on behavior and weight gains in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 100(1), 504–512. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11195>

Santman-Berends, I. M. G. A., Buddiger, M., Smolenaars, A. J. G., Steuten, C. D. M., Roos, C. A. J., Van Erp, A. J. M., & van Schaik, G. (2014). A multidisciplinary approach to determine factors associated with calf rearing practices and calf mortality in dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine*, 117(2), 375–387. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.07.011>

Santos, F. C. R., Santarosa, B. P., Dal Más, F. E., Silva, K. N., Guirro, E. C. B. P., & Gomes, V. (2023). Clinical physiological parameters of Holstein calves in the first month of life. *Animal - Open Space*, 2, 100036. <https://doi.org/10.1016/j.anopes.2022.100036>

Schild, C. O., Caffarena, R. D., Gil, A., Sánchez, J., Riet-Correa, F., & Giannitti, F. (2020). A survey of management practices that influence calf welfare and an estimation of the annual calf mortality risk in pastured dairy herds in Uruguay. *Journal of Dairy Science*, 103(10), 9418–9429. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18177>

Scoley, G., Gordon, A., & Morrison, S. (2019). Performance and behavioural responses of group-housed dairy calves to two different weaning methods. *Animals*, 9(11), 895. <https://doi.org/10.3390/ani9110895>

Sharpe, K. T., & Heins, B. J. (2021). Growth, health and economics of dairy calves fed organic milk replacer or organic whole milk in an automated feeding system. *Animal Nutrition and Farm Systems*, 2, 319–323. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2021-0084>

Shivley, C. B., Lombard, J. E., Urie, N. J., Haines, D. M., Sargent, R., Koprak, C. A., Earleywine, T. J., Olson, J. D., & Garry, F. B. (2018). Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 9185–9198. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14008>

Sinnott, A. M., Kennedy, E., & Bokkers, E. A. M. (2021). The effects of manual and automated milk feeding methods on group-housed calf health, behaviour,

growth and labour. *Livestock Science*, 244, 104343.  
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104343>

- Silvi, R., Pereira, L. G. R., Paiva, C. A. V., Tomich, T. R., Teixeira, V. A., Sacramento, J. P., Ferreira, R. E. P., Coelho, S. G., Machado, F. S., Campos, M. M., & Dórea, J. R. R. (2021). Adoption of precision technologies by Brazilian dairy farms: The farmer's perception. *Animals*, 11(12), 3488.  
<https://doi.org/10.3390/ani1123488>
- Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R. W., & Van Amburgh, M. E. (2012). Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 95(2), 783–793. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4391>
- Soberon, F., & Van Amburgh, M. E. (2013). Lactation Biology Symposium: The effect of nutrient intake from milk or milk replacer of preweaned dairy calves on lactation milk yield as adults: A meta-analysis of current data. *Journal of Animal Science*, 91(2), 706–712. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5834>
- Staněk, S., Zink, V., Doležal, O., & Štolc, L. (2014). Survey of preweaning dairy calf-rearing practices in Czech dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 97(7), 3973–3981. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7325>
- Stefańska, B., Gašiorek, M., & Nowak, W. (2021). Short- and long-term effects of initial serum total protein, average starter feed intake during the last week of the preweaning period, and rearing body gain on primiparous dairy heifers' performance. *Journal of Dairy Science*, 104(2), 1645–1659.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2020-18833>
- Suarez-Mena, F. X., Hu, W., Dennis, T. S., Hill, T. M., & Schlotterbeck, R. L. (2017).  $\beta$ -Hydroxybutyrate (BHB) and glucose concentrations in the blood of dairy calves as influenced by age, vaccination stress, weaning, and starter intake including evaluation of BHB and glucose markers of starter intake. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2614–2624. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12181>
- Sutherland, M. A., Lowe, G. L., Huddart, F. J., Waas, J. R., & Stewart, M. (2018). Measurement of dairy calf behavior prior to onset of clinical disease and in response to disbudding using automated calf feeders and accelerometers. *Journal of Dairy Science*, 101(9), 8208–8216.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-14207>
- Sutter, F., Venjakob, P. L., Heuwieser, W., & Borchardt, S. (2023). Association between transfer of passive immunity, health, and performance of female dairy calves from birth to weaning. *Journal of Dairy Science*, 106(10), 7043–7055.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2022-22448>
- Swartz, T. H., & Petersson-Wolfe, C. S. (2022). Associations between preweaning calf feeding behaviors with age at first calving and lactational performance using an automatic calf feeder. *JDS Communications*, 4(2), 75–79.  
<https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0255>

- Sweeney, B. C., Rushen, J., Weary, D. M., & De Passillé, A. M. (2010). Duration of weaning, starter intake, and weight gain of dairy calves fed large amounts of milk. *Journal of Dairy Science*, *93*(1), 148–152. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2427>
- Terler, G., Poier, G., Klevenhusen, F., & Zebeli, Q. (2022). Replacing concentrates with a high-quality hay in the starter feed in dairy calves: I. Effects on nutrient intake, growth performance, and blood metabolic profile. *Journal of Dairy Science*, *105*(3), 2326–2342. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21078>
- Terré, M., & Bach, À. (2013). La transición de las terneras jóvenes. *PV Albeitar*, *49*, 44–46. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/cria\\_artificial/44-transicion\\_terneras.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/cria_artificial/44-transicion_terneras.pdf)
- Tóthová, C., Nagy, O., Kováč, G., & Nagyová, V. (2016). Changes in the concentrations of serum proteins in calves during the first month of life. *Journal of Applied Animal Research*, *44*(1), 338–346. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1031791>
- Tozer, P. R., & Heinrichs, J. A. (2001). What affects the cost of raising replacement dairy heifers: A multiple-component analysis. *Journal of Dairy Science*, *84*(8), 1836–1844. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74623-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74623-1)
- Urie, N. J., Lombard, J. E., Shivley, C. B., Koprál, C. A., Adams, A. E., Earleywine, T. J., Olson, J. D., & Garry, F. B. (2018a). Preweaned heifer management on US dairy operations: Part I. Descriptive characteristics of preweaned heifer raising practices. *Journal of Dairy Science*, *101*(10), 9168–9184. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14010>
- Urie, N. J., Lombard, J. E., Shivley, C. B., Koprál, C. A., Adams, A. E., Earleywine, T. J., Olson, J. D., & Garry, F. B. (2018b). Preweaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*, *101*(10), 9229–9244. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14019>
- Van Os, J., Reuscher, K., Dado-Senn, B., & Laporta, J. (2024). Effects of thermal stress on calf welfare. *JDS Communications*, *5*(3), 253–258. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0443>
- Vasseur, E., Borderas, F., Cue, R. I., Lefebvre, D., Pellerin, D., Rushen, J., Wade, K. M., & de Passillé, A. M. (2010). A survey of dairy calf management practices in Canada that affect animal welfare. *Journal of Dairy Science*, *93*(3), 1307–1316. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2429>
- Von Keyserlingk, M. A. G., Brusius, L., & Weary, D. M. (2004). Competition for teats and feeding behavior by group-housed dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *87*(12), 4190–4194. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73563-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73563-8)
- Wagner, K., Barth, K., Hillmann, E., & Waiblinger, S. (2020). Short- and long-term effects of rearing dairy calves with contact to their mother on their reactions

towards humans. *Journal of Dairy Research*, 87(S1), 159–166.  
<https://doi.org/10.1017/S0022029920000576>

- Warnick, V. D., Arave, C. W., & Mickelsen, C. H. (1977). Effects of group, individual, and isolated rearing of calves on weight gain and behavior. *Journal of Dairy Science*, 60(6), 947–953.
- Weaver, D. M., Tyler, J. W., VanMetre, D. C., Hostetler, D. E., & Barrington, G. M. (2000). Passive transfer of colostral immunoglobulins in calves. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 14(6), 569–577.  
<https://doi.org/10.1111%2Fj.1939-1676.2000.tb02278.x>
- Wilm, J., Costa, J. H. C., Neave, H. W., Weary, D. M., & Von Keyserlingk, M. A. G. (2018). Technical note: Serum total protein and immunoglobulin G concentrations in neonatal dairy calves over the first 10 days of age. *Journal of Dairy Science*, 101(7), 6430–6436. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13553>
- Wilms, J. N., Ghaffari, M. H., Stahel Darani, P., Jansen, M., Sauerwein, H., Steele, M. A., Martín-Tereso, J., & Leal, L. N. (2024). Postprandial metabolism and gut permeability in calves fed milk replacer with different macronutrient profiles or a whole milk powder. *Journal of Dairy Science*, 107(1), 184–201.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2023-23368>
- Wilson, T. R., LeBlanc, S. J., DeVries, T. J., & Haley, D. B. (2018). Effect of stall design on dairy calf transition to voluntary feeding on an automatic milk feeder after introduction to group housing. *Journal of Dairy Science*, 101(6), 5307–5316.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-14011>
- Wolfe, A. R., Rezamand, P., Agostinho, B. C., Konetchy, D. E., & Laarman, A. H. (2023). Effects of weaning strategies on health, hematology, and productivity in Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 106(10), 7008–7019.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2022-22738>
- Xiao, J., Ma, H., Tian, J., Lu, G., Wei, X., Peng, Y., Hu, R., Peng, Q., Wang, L., Xue, B., & Wang, Z. (2025). Effects of increased milk allowance through within-study comparisons on dairy calf growth and future performance. *Journal of Dairy Science*, 108(10), 10812–10836. <https://doi.org/10.3168/jds.2025-26555>
- Yazdanyar, M., Kazemi-Bonchenari, M., Eghbali, M., Sadeghisharif, A., Jafari, A., Molaei, M., Kornasi, M., Khalilvandi-Behroozyar, H., & Ghaffari, M. H. (2025). Effects of milk feeding levels and starter feed crude protein and fat contents on growth performance, rumen fermentation, and purine derivative excretion in urine of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 108(5), 5000–5015.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2024-25957>