



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

**Evaluación del corral invernal de  
terneros: efecto del nivel y tipo de dieta  
sobre el crecimiento animal y la  
eficiencia de conversión del alimento en  
el período invierno-primavera**

Natalia Zabalveytia Torres

Magíster en Ciencias Agrarias  
Opción Ciencias Animales

Octubre, 2024

**Evaluación del corral invernal de  
terneros: efecto del nivel y tipo de dieta  
sobre el crecimiento animal y la  
eficiencia de conversión del alimento en  
el período invierno-primavera**

Natalia Zabalveytia Torres

Magíster en Ciencias Agrarias  
Opción Ciencias Animales

Octubre, 2024

Tesis aprobada por el tribunal integrado por el Ing. Agr. Dr. Manuel Soares de Lima, El Ing. Agr. Dr. Pablo Rovira y la Ing. Agr. PhD. Stefania Pancini el 11 de octubre de 2024. Autora: Ing. Agr. Natalia Zabalveytia. Directora: Ing. Agr. Dra. Virginia Beretta. Codirector: Ing. Agr. PhD. Álvaro Simeone.

Dedico esta tesis a mi padre, pilar importante en mi vida, quien me inculcó el amor por el campo y siempre me ha brindado su apoyo incondicional en mi desarrollo profesional. Su constante incentivo hacia la formación académica ha sido clave para alcanzar este logro.

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer especialmente a mis tutores, Virginia Beretta y Álvaro Simeone, por el aprendizaje brindado, conocimiento compartido y por el constante acompañamiento y dedicación en cada una de las etapas de trabajo.

A mis familiares y amigos, por apoyarme y acompañarme durante todo el proceso.

A mi amiga y compañera, Ing. Agr. Victoria Burjel, por su actitud y apoyo incondicional en el período experimental y en el transcurso del posgrado.

Al profesor Oscar Bentancur, por su colaboración en el análisis estadístico de los datos.

A los tesisistas de grado (Aldaya, Ayala, Calero, Mesa, Pampín, Stirling y Taruselli), quienes llevaron a cabo los experimentos durante el período de invierno.

A los funcionarios de la EEMAC, por su dedicación durante la etapa de campo.

Esta investigación fue posible gracias a la beca de maestría de la ANII (POS\_NAC\_2018\_1\_151720) y a la beca de apoyo a la finalización de estudios de posgrado brindada por la Comisión Académica de Posgrado (CAP), Uruguay.

## Tabla de contenido

Página de aprobación .....	III
Agradecimientos .....	V
Resumen .....	IX
Summary .....	X
<b>1. <u>Introducción</u> .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Antecedentes bibliográficos .....</b>	<b>3</b>
1.1.1. <u>Alternativas tecnológicas para el manejo invernal de la recría</u> .....	3
1.1.2. <u>Manejo integrado corral-pastura</u> .....	8
<b>1.2. Hipótesis y objetivo del trabajo.....</b>	<b>11</b>
1.2.1. <u>Hipótesis</u> .....	11
1.2.2. <u>Objetivo general</u> .....	12
1.2.3. <u>Objetivos específicos</u> .....	12
<b>1.3. Estructura de la tesis .....</b>	<b>12</b>
<b>2. <u>Efecto del nivel de voluminoso en la recría a corral sobre el desempeño animal invierno-primavera</u> .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Introducción.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2. Materiales y métodos.....</b>	<b>17</b>
2.2.1. <u>Animales, tratamientos y manejo</u> .....	17
2.2.2. <u>Registros, mediciones, muestreos y análisis químicos</u> .....	19
2.2.3. <u>Variables calculadas</u> .....	21
2.2.4. <u>Análisis estadístico</u> .....	22
<b>2.3. Resultados y discusión.....</b>	<b>23</b>
2.3.1. <u>Período de invierno</u> .....	23
2.3.2. <u>Período de primavera</u> .....	26
2.3.3. <u>Período de invierno-primavera</u> .....	31

2.4.	Conclusiones.....	34
2.5.	Agradecimientos .....	34
2.6.	Transparencia de datos.....	34
2.7.	Contribuciones de cada autor .....	34
2.8.	Referencias .....	35
3.	<b><u>Efecto del nivel de oferta de alimento en la recría a corral sobre el crecimiento animal y la eficiencia de conversión en el período invierno-primavera.....</u></b>	<b>41</b>
3.1.	Introducción.....	44
3.2.	Materiales y métodos.....	46
3.2.1.	<u>Animales, tratamientos y manejo</u> .....	46
3.2.2.	<u>Registros, mediciones, muestreos y cálculo de variables</u> .....	48
3.2.3.	<u>Análisis químicos</u> .....	50
3.2.4.	<u>Análisis estadístico</u> .....	51
3.3.	Resultados y discusión.....	52
3.3.1.	<u>Invierno</u> .....	52
3.3.2.	<u>Primavera</u> .....	55
3.3.3.	<u>Invierno-primavera</u> .....	59
3.4.	Conclusiones.....	62
3.5.	Conflicto de intereses .....	62
3.6.	Aprobación del comité de experimentación animal .....	62
3.7.	Contribuciones de los autores .....	62
3.8.	Financiación .....	63
3.9.	Literatura citada.....	63
4.	<b><u>Discusión general</u>.....</b>	<b>68</b>

4.1. Implicancias económicas del trabajo de investigación a un nivel de resolución sistema de producción ganadero recriador-invernador.....	72
5. <u>Conclusiones</u> .....	75
6. <u>Bibliografía</u> .....	76
7. <u>Anexos</u> .....	82

## Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto del sistema de alimentación a corral (SAC) en la recría de terneros en relación al manejo exclusivamente a pasto (SAP) y diferentes estrategias de manejo de la dieta del corral sobre el crecimiento animal (GMD) y la eficiencia de conversión (EC) del alimento durante el período invierno-primavera. Se realizaron dos experimentos, en años consecutivos (2017 y 2018), diferenciados por la aplicación de los tratamientos durante el SAC en invierno. En el primer año se evaluó el efecto del nivel de voluminoso (NV) en la dieta de corral (0 %, 35 %, 70 % NV) en materia seca (MS) cuando esta fue ofrecida *ad libitum* (experimento I), mientras que en el segundo año (experimento II) se evaluó, para una dieta concentrada con 30 % voluminoso, el efecto del nivel de oferta del alimento (OA, 2,2 %, 2,5 %, 2,9 % y 3,2 % del peso vivo en MS). En ambos casos se mantuvo en invierno un tratamiento testigo pastoreando un verdeo con una asignación de forraje del 5 % peso vivo (PV). El SAC mejoró, para el período invierno-primavera, la GMD y la EC respecto a SAP. En relación con el testigo, la mejora en GMD durante el período global invierno-primavera fue del 48 % (0,43 vs. 0,64 kg/día) en el experimento I y del 23 % (0,56 vs. 0,69 kg/día) en el experimento II; mientras que la mejora en la EC fue del 23 % (11,3 vs. 8,73 kg MS/kg PV) en el experimento I y del 10 % (10,70 vs. 9,65 kg MS/kg PV) en el experimento II. La GMD y la EC mejoraron respectivamente 28 % y 13 % a medida que se disminuyó el NV (70 NV vs. 35 NV) y 37 % y 28 % cuando se removió el nivel de voluminoso en la dieta (70 NV + 35 NV vs. 0NV). En dietas con 30 % de voluminoso, niveles crecientes de restricción en la OA afectaron negativamente la GMD global. La alta tasa de ganancia obtenida a corral durante el invierno incidió en mayor medida en el resultado final y los animales asignados a SAC fueron más eficientes en comparación con los animales que siempre se manejaron en condiciones de pastoreo. Sin embargo, dentro del SAC, las diferentes estrategias evaluadas modificaron la EC global. La EC global mejoró para dietas con 30 % de voluminoso con la restricción en la OA y para dietas ofrecidas *ad libitum* con la remoción de voluminoso.

**Palabras clave:** confinamiento, crecimiento, eficiencia de conversión, ganado vacuno, período de transición

**Evaluation of winter calves feedlot: Effect of feed level and feed type on animal growth and feed efficiency during winter-spring period**

**Summary**

The present study aimed to evaluate the effect of feedlot feeding systems (SAC) in comparison to exclusive pasture management (SAP) and different feedlot diet management strategies on animal growth (ADG) and feed efficiency (FE) during the winter-spring period in a calf rearing system. Two experiments were conducted over two consecutive years (2017 and 2018), differentiated by the application of different treatments during the feedlot feeding phase in winter. In the first year, the effect of the roughage level (RL) was evaluated in the feedlot diet (0 %, 35 %, 70 % RL) in dry matter (DM) when offered *ad libitum* (experiment I), while in the second year (experiment II), the effect of the amount of feed offered (OF, 2,2 %, 2,5 %, 2,9 %, and 3,2 % of live weight dry basis) of a total mixed ration with 30 % of roughage was evaluated. In both cases, the control treatment was always grazing a winter grass pasture with a forage allowance of 5 % (liveweight (LW)). During the winter-spring period, SAC achieved a greater ADG and FE compared to SAP; when compared to the control group, the improvement in ADG during the overall winter-spring period was 48 % (0,43 to 0,64 kg/day) in experiment I and 23 % (0,56 to 0,69 kg/day) in experiment II, while the improvement in FE was 23% (11,3 to 8,73 kg DM/kg LW) in experiment I and 10 % (10,70 to 9,65 kg DM/kg LW) in experiment II. With decreasing levels of roughage in the diet (70 RL vs. 35 RL), ADG and FE improved by 28 % and 13 %, respectively, and when roughage was completely removed from the diet (70 RL + 35 RL vs. 0 RL) ADG and FE improved by 37 % and 28 %. In diets with 30 % roughage, increasing levels of feed restriction negatively affected overall ADG. The greater gain rate achieved in the feedlot during winter had a significant impact on the outcome, with SAC being more efficient compared to animals always managed under grazing conditions. However, within SAC, the different strategies evaluated influenced the overall FE. Overall, FE was improved in diets with 30 % roughage with a feed offer restriction and was also improved in diets offered *ad libitum* with a complete roughage removal.

**Keywords:** beef cattle, feed efficiency, feedlot, growth, transition period

## **1. Introducción**

En los sistemas ganaderos de Uruguay, las pasturas naturales constituyen la principal fuente de alimento. Sin embargo, estas se caracterizan por presentar una marcada estacionalidad en la producción de forraje, destacándose la menor producción en invierno y la mayor en primavera (Carámbula, 1991; Quintans, 2006). Este déficit invernal determina una limitante a la hora de ajustar la carga anual del sistema. En general, el campo natural manejado de forma inadecuada con altas cargas genera una limitante en cuanto a la disponibilidad y calidad de forraje, las cuales no logran satisfacer los requerimientos necesarios para mantenimiento, crecimiento y desarrollo en categorías jóvenes durante su primer invierno de vida (Quintans, 2006; Rovira, 1996). En el ámbito nacional, se ha demostrado que terneros destetados en otoño y manejados sobre campo natural durante el invierno reportan pérdidas de peso promedio en torno a los 0,200 kg/día (Beretta y Simeone, 2008; Beretta y Simeone, 2010; Quintans et al., 1993; Straumann et al., 2008). Existen diversas alternativas tecnológicas que apuntan a mejorar el desempeño de la recria en invierno. El uso de mejoramiento extensivo (Soca et al., 2001; Straumann et al., 2008), la suplementación sobre campo natural (Quintans, 1994; Quintans et al., 1993; Quintans y Vaz Martins, 1994; Simeone et al., 2010) o sobre praderas sembradas (Simeone y Beretta 2004, 2005) permitirían obtener ganancias individuales entre 0,200 y 0,800 kg/día según recurso. Esta mejora en el desempeño animal, además, permitiría mantener una mayor dotación durante el invierno y una mejor utilización del forraje en primavera (Elizalde y Duarte, 1994). Se ha encontrado que existe una relación lineal y positiva entre la carga primaveral, la producción de carne anual y el resultado económico de los sistemas invernadores (Simeone et al., 2013). Sin embargo, como la producción de forraje es estacional y existe una brecha importante entre la producción de invierno y primavera, para lograr aprovechar la capacidad de carga potencial de la primavera, sería necesario utilizar suplementos en mayor cantidad o alguna otra estrategia que permita cubrir este desbalance (Elizalde y Duarte, 1994; Formoso, 2009).

La alimentación diferencial del ternero (ADT) realizada en régimen de confinamiento surge como una alternativa tecnológica que permite mejorar el

desempeño animal durante el invierno, con ganancias superiores a 1 kg por día, y aprovechar la excelente eficiencia de conversión (EC) de alimento que presenta esta categoría (EC: 6 kg de materia seca por cada kg peso vivo) (Ceconi y Elizalde, 2008; Simeone y Beretta, 2008). El encierre de terneros, además, es una estrategia de alimentación complementaria que permite compensar la baja oferta forrajera del invierno, liberar áreas para otras categorías y sostener altas cargas en primavera. Los altos pesos obtenidos a la salida del corral (en torno a los 250 kg) permitirían disminuir la edad de primer entore a quince meses en la recría de las hembras y reducir la edad a faena en la recría de los machos. Este mayor control de las variables que afectan la producción (capacidad de carga, ganancia individual y productividad) posicionan al ADT no solamente como una tecnología que logra mejorar la eficiencia global del sistema (Ceconi y Elizalde, 2008; Parra et al., 2006), sino que además contribuye a mejorar la estrategia de comercialización de la empresa. En un sistema criador agregaría valor al producto final del ternero destetado, lo que independizaría a la empresa de la sazonalidad de la venta; además, podría permitir el acceso a mercados como la exportación de ganado en pie. Por otra parte, para un sistema recriador, permitiría alcanzar mercados que exigen determinadas características en cuanto a la edad y peso, lo que resultaría en un producto de mayor valor debido al precio diferencial de venta en las categorías de vaquillona o novillo *high quality beef* (HQB); mientras que, para un sistema invernador, generaría oportunidad de ingreso a mercados de exportación exigentes, como por ejemplo la cuota 481.

No obstante, existen antecedentes que mencionan un posible efecto residual negativo del corral invernal sobre el desarrollo posterior del ternero a pasto en la primavera. Sin embargo, estos antecedentes no son consistentes en cuanto a cuál es la causa, la intensidad y la duración de dicho efecto. El impacto parecería estar acotado a las primeras semanas de pastoreo poscorral y se diluye en el largo plazo sin perjudicar el resultado final. Algunos investigadores evidenciaron que el efecto se podría extender por más de tres semanas a pasto (Baldi et al., 2010; Pordomingo et al., 2010; Simeone et al., 2010). Se ha visto que dietas con niveles suficientes de fibra en el corral o dietas concentradas, pero con consumos restringidos, podrían tener una menor carga acidificante, lo que permitiría sostener un ambiente ruminal y un metabolismo

digestivo que se adapte de forma más rápida al cambio de dieta (Pordomingo et al., 2005, 2010). Otros autores hacen referencia a que el desempeño a pasto podría estar afectado negativamente por el nivel de engrasamiento y la tasa de ganancia del ternero en el confinamiento y sugieren que la ganancia óptima en el corral que maximiza la ganancia a pasto estaría en torno a 0,800 kg/día (Ceconi et al., 2022; Ceconi y Elizalde, 2008; Parra et al., 2006). Sin embargo, esta podría variar según el biotipo y la duración del período a pasto, y alcanzar ganancias óptimas de hasta 1,00 kg/día (Parra et al., 2006; Simeone et al., 2010).

Si bien varios de los trabajos reportan resultados con indicadores productivos, muchos no coinciden en cuanto a la duración de la etapa a corral y a pasto, siendo pocos los que incluyen un testigo en pastoreo durante la etapa invernal como referencia para evaluar el efecto del corral. Por otra parte, existen muy pocos estudios, principalmente nacionales, acerca de las estrategias de alimentación en el corral que mejor combinan las eficiencias de la etapa de corral y de pastoreo, siendo este indicador decisivo en la evaluación económica de la tecnología. En este contexto, este trabajo propone evaluar cuál sería el nivel de voluminoso y el nivel de oferta de alimento en las dietas de corral que optimizarían la ganancia de peso y eficiencia de conversión global del sistema corral-pastura, evaluado durante el período invierno-primavera. Identificar la relación cuantitativa de respuesta entre estas variables permitiría aportar coeficientes técnicos que contribuyan a la evaluación económica ex-ante del ADT como alternativa tecnológica y, consecuentemente, a la toma de decisiones y planificación de la recría de terneros en sistemas ganaderos.

## **1.1. Antecedentes bibliográficos**

### **1.1.1. Alternativas tecnológicas para el manejo invernal de la recría**

La recría consiste en la etapa de desarrollo del animal que va desde el destete hasta el momento de entore en las hembras o al ingreso de la invernada en el caso de los machos y hembras de refugio. La intensificación de esa etapa constituye una oportunidad, desde el punto de vista biológico, para aprovechar el potencial de crecimiento de esta categoría (Luzardo y Cuadro, 2018). A pesar de su alta eficiencia

biológica en la conversión del alimento en músculo, en la mayoría de los predios ganaderos de nuestro país, esta categoría es muchas veces postergada en los programas de alimentación, debido a que las necesidades económico-financieras generan que las categorías de terminación tengan prioridad (Brito et al., 2005).

Se han generado diversas alternativas tecnológicas con el objetivo de mejorar el desempeño de la recría en invierno y el resultado físico de los sistemas de producción. El mejoramiento extensivo sobre campo natural constituye una tecnología apropiada para muchas regiones del país, ya que permite tener dentro del predio un área de pasturas mejoradas, en calidad y cantidad (Carámbula, 1991). Sin embargo, para obtener ganancias diarias en torno a 0,50-0,60 kg durante el período invernal, sería necesario manejar cargas bajas para mantener asignaciones de materia seca (MS) de forraje elevadas, entre 10 y 17 kg MS/ 100 kg de peso vivo (PV, Soca et al., 2001; Straumann, et al., 2008). Por otro lado, la suplementación con concentrados (entre 0,7 % y 1 % del PV) en campo natural permitiría obtener ganancias de 0,20 kg/día en la recría durante el período de invierno (Quintans, 1994; Quintans et al., 1993; Quintans y Vaz Martins, 1994; Simeone et al., 2010). Si bien dada la excelente eficiencia de conversión (4:1) del concentrado (Simeone et al., 2010) es una práctica viable económicamente en un amplio rango de precios del ternero y del suplemento, las ganancias obtenidas son moderadas.

El uso de praderas sembradas o verdeos según el nivel de asignación de forraje y la suplementación permitiría obtener ganancias entre 0,25 y 0,80 kg/día (Risso, 1997, Simeone y Beretta, 2004, 2005). Aunque las pasturas sembradas generan aumentos significativos en la capacidad de carga y en la ganancia individual, persiste y se acentúa el desbalance estacional en la producción de forraje, con un pico máximo de producción en primavera y menor en invierno (Carámbula, 1991).

La alimentación a corral inserta en los sistemas de producción pastoriles constituye una alternativa que permite controlar las variables que afectan la producción (capacidad de carga, productividad) y surge como una estrategia para incrementar la eficiencia productiva del sistema en su conjunto, debido a que compensa la baja oferta de forraje en invierno, mejora la ganancia individual y, por lo tanto, acelera el proceso

en comparación a la recría y terminación netamente pastoril (Ceconi et al., 2022; Ceconi y Elizalde, 2008).

El objetivo del corral de terneros es mejorar la ganancia de peso en condiciones donde la recría a pasto pueda estar limitada por la cantidad y calidad del forraje producido. Esta alimentación diferencial de los terneros, comúnmente denominada ADT, permite incrementar el desempeño animal (ganancias en torno a 0,75-1,30 kg/día) y aprovechar la buena eficiencia (6:1 kg MS/kg PV) que tienen los animales jóvenes para convertir el alimento en carne y el potencial de crecimiento (Ceconi et al., 2010a; Ceconi et al., 2022; Ceconi y Elizalde, 2008; Simeone y Beretta, 2008).

Las altas ganancias obtenidas durante el corral en el invierno permiten tener elevados pesos a la salida del corral, en torno a los 250 kg de peso vivo (Ceconi y Elizalde, 2008). Este mayor peso promedio de existencia genera un aumento en la carga potencial del sistema en primavera y podría contribuir a elevar la producción de carne del sistema y a una mayor utilización de las pasturas (Elizalde, 2015; Parra et al., 2006; Simeone et al., 2013). Al obtener más kilos durante dicho período, se podría acortar el ciclo, lo que resulta muy atractivo para aquellas empresas ganaderas que tienen como objetivo reducir la edad de faena (2,5-3 a 2 años) en sistemas con limitantes agroecológicas para aumentar el área mejorada.

#### 1.1.1.1. Factores que contribuyen a la viabilidad económica del ADT

Si bien son claros los resultados productivos que se obtienen con el corral de terneros, es importante considerar que esta tecnología con alto grado de intensificación depende en gran medida de su resultado económico *per se*. Para analizar, en primera instancia, la viabilidad económica de la tecnología, se utiliza el coeficiente técnico denominado eficiencia de conversión (EC) del alimento, que es el resultado del cociente entre el consumo de materia seca y la ganancia de peso vivo. Con este indicador es posible calcular el precio de equilibrio de la dieta, el cual permite, según determinado precio implícito del ternero, cubrir los costos de producción (precio de equilibrio ración (US\$/ton) = precio implícito (US\$/kg PV) / EC (kg MS/kg PV).

En ese sentido, el uso de concentrados permite el manejo de altas cargas, una mejor utilización del forraje, sin resentir las ganancias individuales y, por lo tanto, una

elevada producción de carne por unidad de área (Simeone et al., 2013). Sin embargo, la decisión de utilizar concentrados se realizará con base en su viabilidad bioeconómica, la cual no solo toma en cuenta las relaciones de precios del concentrado y del ternero, sino también la EC del suplemento, la que a su vez depende de las condiciones de pastoreo (asignación de forraje, cantidad y calidad de la pastura) (Simeone y Beretta, 2004).

Teniendo en cuenta que, difícilmente se pueda incidir sobre el precio de la reposición y de la ración, la variable sobre la cual se puede trabajar para mejorar los resultados es la EC. Sin embargo, la EC es dependiente, a la vez, de la ganancia diaria y del consumo de MS; por tanto, cualquier modificación en esas variables puede cambiar el valor de EC. Simeone et al. (2018) realizaron un estudio con base en el análisis de tres años de registros de un corral comercial (983 observaciones, donde cada observación correspondió a un corral de doscientos animales, aproximadamente), dirigido a identificar el peso relativo de estas variables sobre la EC. Los resultados indican que, para animales mayores a 1 año de edad, la variación observada en la EC del alimento está principalmente explicada por la ganancia de peso vivo, mientras que, para categoría de terneros, la variación en el consumo tiene mayor impacto sobre la EC.

Las categorías jóvenes como terneros, en relación con su peso, comen más que los animales de mayor edad, esperándose un consumo *ad libitum* de 3 % de su peso o superior (Da Silva, 2021; Pordomingo, 2005). En general, altos consumos de manera sostenida (superiores al 2,5 % del PV) se correlacionan con altos aumentos de peso (National Research Council, 2001). La alimentación restringida al 85 % o 90 % del consumo voluntario del animal mejora la eficiencia de conversión, debido a que se obtienen aumentos de peso similares a los obtenidos en consumo *ad libitum* (Galyean, 1999). Sainz (1995) reporta que la restricción moderada de la alimentación (hasta un 15 % del consumo *ad libitum*) mejoró la eficiencia de conversión en aproximadamente un 0,6 % por cada 1 % de restricción.

Dentro de los factores del alimento que afectan a la eficiencia de conversión, el más importante es la concentración energética de la dieta. Cuando la dieta presenta alta concentración de energía metabolizable (EM) (superior 2,60 Mcal/kg MS), existe

un efecto sobre el metabolismo y los mecanismos quimiostáticos que regulan el consumo animal (Di Marco, 1998; Mertens, 1994; McDonald et al., 2022; Pordomingo, 2005). En este sentido, se genera una mejora en la eficiencia de conversión, ya que, si bien se reduce el consumo de materia seca, se mantiene constante el consumo de energía y la ganancia de peso.

Otro factor que afecta la eficiencia de conversión es el nivel de fibra en la dieta. Cuando la cantidad de fibra en la dieta de corral es excesiva (más de 50 % de voluminoso), existe una regulación física (efecto de llenado) en el rumen que reduce el consumo (Berchielli et al., 2011; Defoor et al., 2002; Palladino et al., 2006). Este efecto se debe al bajo valor nutritivo de la dieta (baja digestibilidad), que genera una menor tasa de fermentación y de pasaje, lo que aumenta el tiempo de retención del alimento en el rumen (McDonald et al., 2022; Patil y Patil, 2022; Pordomingo, 2005). La reducción de la ingesta y, por tanto, del consumo de energía afecta la ganancia de peso de los animales y la EC del alimento (Mertens, 1997).

Modificar la calidad de la dieta utilizada en el corral contribuiría para mejorar la EC mediante una mejor eficiencia de uso (k) de la EM para los procesos de mantenimiento (km) y ganancia de peso (kg) (Agricultural Food and Research Council, 1993). Dietas con mayor contenido de almidón generarían mayor producción de ácido propiónico (C3), mientras que, dietas más fibrosas, mayor producción de ácido acético (Balch y Rowland, 1957; Church, 1993; Kaufmann, 1976). Al concentrar la dieta y disminuir el contenido de fibra se genera una mayor relación C3/C2, lo que mejora la eficiencia de uso de la EM y el aporte de energía neta (EN), debido a las menores pérdidas energéticas (menor producción de metano y menor producción de calor) asociadas al tipo de fermentación (Church, 1993; Kaufmann y Saelzer, 1980; McDonald et al., 2006).

Si bien dietas con alto contenido de almidón determinan alta tasa de ganancia y mejor EC en el corral, a diferencia del corral de engorde en que el novillo sale del corral directo para la faena, en los corrales de terneros, estos retornan al pastoreo al llegar la primavera. Existen antecedentes que reportan sobre un posible efecto residual del corral de invierno sobre el desarrollo posterior del ternero a pasto en la primavera

(Baldi et al., 2010; Beretta et al., 2016; Ceconi et al., 2010a; Ceconi et al., 2010b; Ceconi y Elizalde, 2008; Pordomingo et al., 2005, 2007, 2010).

#### 1.1.2. Manejo integrado corral-pastura

Como el objetivo del ADT es lograr la recría con la mejor eficiencia de conversión para obtener un menor costo por kilo producido, es importante considerar la incidencia del manejo a corral sobre el desempeño posterior a pasto, ya que podría afectar la eficiencia global del sistema (Ceconi et al., 2022; Ceconi y Elizalde, 2008). Muchos trabajos (Baldi et al., 2010; Beretta et al., 2016; Ceconi et al., 2010a; Ceconi et al., 2010b; Ceconi y Elizalde, 2008; Pordomingo et al., 2005, 2007, 2010) sugieren que las altas ganancias obtenidas en el corral de recría podrían afectar, entre otros posibles efectos, la fisiología digestiva del animal, lo que genera un efecto residual negativo sobre su desarrollo posterior a pasto en la primavera. Baldi et al. (2010) y Pordomingo et al. (2010) evidenciaron que una alimentación con alto contenido de almidón y elevada oferta de alimento durante la etapa de recría en el corral podría generar una depresión de la respuesta en pastoreo que se extienda por más de tres semanas a pasto.

Por otra parte, se hace referencia a que dietas con menores niveles de voluminoso, pero con suficiente aporte de fibra físicamente efectiva como para no alterar significativamente la actividad celulolítica ruminal, afectarían en menor medida el peso posterior en la primavera (Pordomingo et al., 2005). Ceconi et al. (2010b) reportaron que la suplementación poscorral (1 % PV con grano de maíz) sobre pradera podría mitigar este efecto y mantener mayores ganancias a pasto, incluso con consumos elevados en el corral, en comparación con los animales no suplementados.

Ceconi y Elizalde (2008) y Ceconi et al. (2022) hacen mención a que existe una ganancia de peso óptima en el corral en torno a 0,800 kg/d que maximiza la ganancia de peso global (pasto más corral) y que cuanto mayores son las diferencias de consumo de energía entre el corral y el pasto, mayores serían las diferencias en términos de ganancia de peso obtenidas en cada etapa. Esta ganancia óptima, además, podría variar (hasta 1,00 kg/día) en función del biotipo, del peso de ingreso al corral, de la duración del período a corral-pasto y de las condiciones de calidad y cantidad de forraje. La

ganancia obtenida durante la etapa de corral dependerá de la concentración energética de la dieta (o nivel de fibra) y de la oferta de alimento. Según Ceconi et al. (2022), para lograr mantener ganancias de 1,00 kg/día con dietas concentradas (superior a 2,60 Mcal/kg MS o menos de 50 % ensilaje de planta entera de maíz en la dieta), sería necesario restringir el consumo (15 % del *ad libitum*), mientras que dietas con baja concentración energética (inferior a 2,60 Mcal/kg MS o más de 50 % ensilaje de planta entera de maíz en la dieta) se podrían ofrecer a voluntad.

En la tabla 1 se presentan tres trabajos que evaluaron el efecto del corral sobre el desempeño posterior en primavera. El primer y segundo trabajo (Pordomingo et al., 2005, 2007) evaluaron el efecto de nivel de fibra en la dieta de corral. Se encontró una relación inversa entre el nivel de fibra y la ganancia media en el corral (C). El mayor nivel de fibra permitió mejorar las ganancias posteriormente a pasto (P); sin embargo, no compensan las altas diferencias obtenidas durante el corral; por tanto, la ganancia global fue mayor con la menor inclusión de fibra en la dieta de corral (C + P). Por otro lado, el tercer trabajo (Pordomingo et al., 2010) evaluó, con base en una dieta concentrada sin fibra larga (60 % grano entero de maíz), el efecto del nivel de oferta de alimento (consumo *ad libitum* y niveles de restricción) y demostró que existió una relación directa entre el consumo y la ganancia diaria en el corral (C) e inversa con el desempeño posterior a pasto (P). A su vez, como se mencionó anteriormente, la mejor ganancia en el corral (C) tuvo un mayor impacto sobre la ganancia global (C + P).

**Tabla 1**

Efecto del nivel de fibra y oferta de alimento en el corral sobre el desempeño posterior a pasto.

A	Efecto	Ani.	PVi (kg)	Trat.	EC	GMD (kg/a/d)				Tiempo (días)
						I	DPC	P	C+P	
1	Nivel fibra	72	170	C 100 % HA	17,2c	0,39a	0,83b	0,88b	0,68a	I: 114 P: 135
		terneros		C 70 % HA	11,4b	0,60b	0,88b	0,83b	0,73b	
		Angus		C 40 % HA	7,5a	0,96c	0,66a	0,72a	0,81c	
2	Nivel fibra	72	203	P en verdeo	s/d	1,01a	0,96c	0,89c	0,96b	I: 104 P: 56
		terneras		C 40 % HP	s/d	1,06a	-0,05b	0,37b	0,81a	
		Angus		C 10 % HP	s/d	1,26b	-0,21a	0,25a	0,90b	
3	Nivel oferta alimento	96	250	C 1,6 % PV	9,01	0,49 <sup>1</sup>	0,67 <sup>2</sup>	0,71 <sup>2</sup>	0,58 <sup>1</sup>	I: 92 P: 64
		novillos		C 1,8 % PV	8,63	0,58 <sup>1</sup>	0,73 <sup>2</sup>	0,72 <sup>2</sup>	0,64 <sup>1</sup>	
		Angus		C 2,0 % PV	7,92	0,72 <sup>1</sup>	0,67 <sup>2</sup>	0,72 <sup>2</sup>	0,72 <sup>1</sup>	
				C 2,2 % PV	8,65	0,73 <sup>1</sup>	0,58 <sup>2</sup>	0,64 <sup>2</sup>	0,69 <sup>1</sup>	
				C 2,4 % PV	8,77	0,79 <sup>1</sup>	0,54 <sup>2</sup>	0,60 <sup>2</sup>	0,71 <sup>1</sup>	
				C 2,6 % PV	8,79	0,86 <sup>1</sup>	0,56 <sup>2</sup>	0,58 <sup>2</sup>	0,75 <sup>1</sup>	
				C 2,8 % PV	8,79	0,94 <sup>1</sup>	0,41 <sup>2</sup>	0,49 <sup>2</sup>	0,75 <sup>1</sup>	
C 3,0 % PV	8,55	1,05 <sup>1</sup>	0,31 <sup>2</sup>	0,43 <sup>2</sup>	0,80 <sup>1</sup>					

Nota. A: autores: 1) Pordomingo et al. (2005); 2) Pordomingo et al. (2006); 3) Pordomingo et al. (2010). Referencias: C: trat. a corral invierno, P: trat. pastoreo invierno; PVi: peso vivo inicial; EC: eficiencia de conversión del alimento en el corral (kg MS/kg PV); GMD: ganancia media diaria; I: GMD invierno; DPC: GMD primeros días de transición poscorral (A1:41 A2:15; A3: 27 días); P: GMD pasto primavera; C + P: GMD corral y pasto; HA: heno de alfalfa; HP: heno de pastura; s/d: sin datos. Análisis estadístico: a,b,c: medias en columnas con distinto superíndice difieren ( $P < 0,05$ ); respuesta <sup>1</sup>lineal ( $p < 0,001$ ); <sup>2</sup>cuadrática ( $p < 0,001$ ).

Las bajas ganancias en la transición corral-pasto podrían estar explicada por tres factores. Primeramente, el cambio abrupto del tipo de dieta, dado que, el pasar de una dieta con elevada proporción de concentrados en el corral a otra solamente a base de forraje, requiere de una readaptación de la microbiota ruminal al nuevo sustrato de fermentación y a las condiciones de ambiente ruminal. En segundo lugar, las elevadas ganancias de peso obtenidas en el confinamiento podrían haber modificado la composición corporal del ternero. La mayor deposición de grasa podría determinar mayores requerimientos energéticos para ganancia de peso vivo, lo que dificultaría la

obtención de mayores ganancias a pasto. En tercer lugar, al lograr mayores ganancias durante el confinamiento, los terneros saldrían del corral con mayor peso vivo y, por tanto, tendrían mayores requerimientos diarios de energía para mantenimiento, lo que podría dificultar la obtención de altas ganancias a pasto (Beretta et al., 2016; Ceconi et al., 2022; Ceconi y Elizalde, 2008; Pordomingo et al., 2010).

En un abordaje integral, la dependencia entre el efecto de la transición del corral a pasto y la ganancia diaria que se obtiene en el corral podría afectar el impacto bioeconómico de la inclusión del ADT en el sistema. Sin embargo, como dicha relación entre la ganancia diaria en el corral y el desempeño posterior a pasto podría variar en función del nivel de oferta de alimento y del nivel de fibra en la dieta del ADT (variables que, por otra parte, son determinantes en la EC en el corral), sería interesante poder identificar la relación cuantitativa de respuesta entre estas variables. Al mismo tiempo, como son muy pocos los antecedentes que incluyen un testigo en pastoreo durante la etapa invernal, mantener un testigo a pasto sería relevante para poder evaluar el efecto del corral sobre el período de transición y posterior desempeño en la primavera. Esto permitiría generar coeficientes técnicos que contribuyan a la evaluación económica ex-ante del ADT como alternativa tecnológica. En este sentido, surge como interrogante cual sería el nivel de fibra y el nivel de oferta de alimento en las dietas de corral que mejorarían la ganancia de peso de terneros y la EC global del sistema corral-pastura. La evaluación del impacto de la alimentación a corral sobre la eficiencia global de uso de alimentos concentrados y sobre la utilización de la pastura durante el período de primavera es de gran importancia para lograr un eficiente uso de la producción de forraje primaveral y para capitalizar el beneficio del corral en su totalidad.

## **1.2. Hipótesis y objetivo del trabajo**

### **1.2.1. Hipótesis**

La alimentación a corral de terneros durante invierno seguido de pastoreo en primavera mejora el desempeño de vacunos en crecimiento y la eficiencia de conversión del alimento respecto al animal manejado únicamente sobre pasturas durante todo el período invierno-primavera.

La magnitud de estas respuestas se acentuará con el mayor nivel de voluminoso en la dieta y menor oferta de alimento durante la fase de alimentación a corral.

#### 1.2.2. Objetivo general

Evaluar el impacto de la alimentación a corral de terneros durante invierno sobre el desempeño animal y la eficiencia global del uso de alimentos concentrados durante el período invierno-primavera.

#### 1.2.3. Objetivos específicos

Cuantificar el efecto del corral de invierno, y del nivel de voluminoso y oferta de alimento utilizados en el corral, sobre la curva de crecimiento invierno-primavera de los terneros, respecto al manejo de terneros siempre en pastoreo.

Cuantificar el efecto del corral de invierno, y del nivel de voluminoso y oferta de alimento utilizados en el corral, sobre el consumo y la eficiencia global de utilización del alimento en el período invierno-primavera.

### **1.3. Estructura de la tesis**

Se realizaron dos trabajos experimentales diferenciados entre sí por la aplicación de diferentes tratamientos durante la etapa alimentación a corral en invierno. Por un lado, se evaluó el efecto del nivel de voluminoso en la dieta de corral cuando esta era ofrecida *ad libitum* (experimento I) y, por el otro, el efecto del nivel de oferta de alimento con una dieta compuesta por 30 % de voluminoso y 70 % de concentrado (experimento II); estos trabajos experimentales se presentan en dos artículos científicos diferentes. El primer artículo se titula «Efecto del nivel de voluminoso en la recría a corral sobre el desempeño animal invierno-primavera» y corresponde al segundo capítulo de esta tesis. Este artículo se enviará para publicar en la revista de *Agrociencia Uruguay*. El segundo artículo, titulado «Efecto del nivel de oferta de alimento en la recría a corral sobre el crecimiento animal y la eficiencia de conversión en el período invierno-primavera», corresponde al tercer capítulo de la tesis y se enviará para publicar a los *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. El cuarto capítulo se compone de una discusión general y las conclusiones globales sobre el problema abordado.

2. **Efecto del nivel de voluminoso en la recría a corral sobre el desempeño animal invierno-primavera**

Effect of diet roughage level during feedlot back-grounding on performance of winter-spring period

Efeito do nível do volumoso na recría em confinamento sobre o desempenho animal inverno-primavera

Zabalveytia, Natalia<sup>1</sup>; Simeone, Alvaro<sup>1</sup>; Bentancur, Oscar<sup>1</sup>; Burjel, María Victoria<sup>1</sup>; Beretta, Virginia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Estación Experimental Mario A. Cassinoni, ruta 3 km 363, Paysandú, Uruguay.*

**Abstract**

The current study evaluated the effect of feedlot feeding calves and the level of roughage (RL) in the diet on average daily gain (ADG) and feed efficiency (FE) during the winter-spring period (190 days). Thirty-two Hereford heifers, blocked by weight ( $149 \pm 13$  kg), were randomly assigned to one of four winter treatments (110 d): oat grazing a rate of 5 kg of dry matter (DM) per 100 kg live weight (LW) and three total mixed rations fed *ad libitum* in the feedlot, differing in RL (*Setaria italica*, hay): 0 %, 35 % and 70 % DM. During spring (80 d), all treatments grazed a mixed grass and legume pasture (6 kg DM/100 kg LW), in weekly plots, independent by repetition (n = 2 plots/treatment). The experiment was analyzed as a randomized block design, using orthogonal contrasts to compare the effect of the feeding system, feedlot (SAC) vs grazing (SAP), and the effect of RL (0 RL, 35 RL and 70 RL) in the diets. A lower ADG was achieved in SAC treatments during the 14 days post-feedlot period, independently of the RL of the diet ( $P > 0,05$ ). However, during the whole winter-spring period, animals from SAC showed greater ADG (0,64 vs. 0,43 kg/day,  $P < 0,001$ ) and a better FE (8,74 vs. 11,27,  $P = 0,0013$ ) when compared to SAP. Greater final body weight was achieved with 0 RL (282 kg/head,  $P < 0,01$ ). Winter calves

rearing in a feedlot system allows to achieve greater weights at the end of the spring and a better overall feed efficiency.

**Keywords:** cattle, confinement, conversion efficiency, growth, transition period.

### **Resumen**

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la alimentación a corral de terneros y del nivel de voluminoso (NV) en la dieta sobre la ganancia media diaria (GMD) y la eficiencia de conversión (EC) del alimento durante el período invierno-primavera (190 días). Treinta y dos terneras Hereford, bloqueadas por peso ( $149 \pm 13$  kg), fueron asignadas al azar a cuatro tratamientos de invierno (110 d): pastoreo de avena a razón de 5 kg de materia seca (MS) cada 100 kg de peso vivo (PV) y tres raciones totalmente mezcladas suministradas a corral *ad libitum*, que diferían en el NV (*Setaria itálica*, heno): 0 %, 35 % y 70 % MS. Durante la primavera (80 d), todos los tratamientos pastorearon una pradera mezcla de gramíneas y leguminosas (6 kg MS/100 kg PV), en parcelas semanales, independientes por repetición ( $n = 2$  parcelas/tratamiento). El experimento fue analizado según un diseño en bloques al azar, utilizando contrastes ortogonales para comparar el efecto del sistema de alimentación, corral (SAC) vs. pastoreo (SAP), y el efecto del NV (0 NV, 35 NV y 70 NV) en las dietas. Independientemente del NV en la dieta, los tratamientos SAC mostraron una menor GMD durante los primeros catorce días poscorral ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, en la totalidad del período invierno-primavera, los animales provenientes de SAC, respecto a SAP, presentaron mejores GMD (0,64 vs. 0,43 kg/día,  $P < 0,001$ ) y EC (8,74 vs. 11,27,  $P = 0,0013$ ), siendo el tratamiento 0NV el de mayor peso final (282 kg/cab,  $P < 0,01$ ). La recría invernal de terneros en confinamiento permite alcanzar mayores pesos a fin de primavera y una mejor eficiencia de conversión global.

**Palabras clave:** confinamiento, crecimiento, eficiencia de conversión, ganado vacuno, período de transición.

### **Resumo**

Foi avaliado o efeito da alimentação de bezerros confinados e do nível de volumoso (NV) da dieta sobre o ganho de peso diário (GMD) e a eficiência de conversão

alimentar (EC) durante o período inverno-primavera (190 dias). Trinta e dois bezerros Hereford bloqueados por peso ( $139 \pm 6,7$  kg;  $161 \pm 7,5$  kg) foram distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos de inverno (110 dias): pastejo de aveia com 5 kg de matéria seca (MS) cada 100 kg de peso (PV) e três rações totalmente misturadas fornecidas aos animais: confinamento *ad libitum*, diferindo em NV (*Setaria itálica*, feno): 0 %, 35 %, 70 % MS. Na primavera (80 dias), todos os tratamentos utilizaram pastagem mista de gramíneas e leguminosas (6 kg MS/100 kg PV), em parcelas semanais, independentes por repetição ( $n = 2$  parcelas/tratamento). O experimento foi analisado segundo delineamento em blocos casualizados, utilizando contrastes ortogonais para comparar o efeito do sistema de alimentação: confinamento (SAC) vs. pastejo (SAP); o efeito do NV (0 NV, 35 NV e 70NV) na dieta. Embora tenha sido encontrado um período crítico de 14 dias após a saída do confinamento, não se encontrou efeito do NV na dieta para esse período ( $P > 0,05$ ). Durante o período inverno-primavera os animais do SAC, comparados ao SAP, apresentaram melhor GMD (0,64 vs. 0,43 kg/dia,  $P < 0,001$ ) e EC (8,74 vs. 11,27,  $P = 0,0013$ ), 0NV alcançou o maior peso final (282 kg,  $P < 0,01$ ). A recría de bezerros confinados no inverno determina maiores pesos no fim da primavera e melhor eficiência de conversão global.

**Palavras-chave:** confinamento, crescimento, eficiência de conversão, gado de corte, período de transição.

## 2.1. Introducción

En Uruguay, en los últimos años, se ha empezado a incluir en los sistemas ganaderos de recría e invernada la alimentación a corral en épocas donde el forraje es limitante (otoño e invierno). El uso del corral invernal es una alternativa que permite obtener ganancias superiores a 1 kg por día aprovechando la excelente eficiencia de conversión de alimento (EC: 6 kg de materia seca por cada kg peso vivo) que presenta esa categoría<sup>(1)(2)</sup>. En el sistema de producción, permite liberar áreas para otras categorías, sostener una carga elevada durante el invierno para maximizar la utilización del forraje en la primavera y generar una mayor producción de carne<sup>(1)(3)</sup>. Por otro lado, los altos pesos obtenidos a la salida del corral (en torno a los 250 kg) permitirían, en la recría

de las hembras, reducir la edad de primer entore a quince meses, y en la recría de los machos, reducir la edad a faena.

No obstante, existen antecedentes que reportan un posible efecto residual negativo del corral invernal sobre el desarrollo posterior del ternero a pasto en la primavera<sup>(4) (5) (6) (7)</sup>. La transición abrupta de una dieta a corral (con alto contenido de grano y alto nivel de consumo) al pasto podría generar una caída en la ganancia de peso en el período de pastoreo subsiguiente a la salida del corral; sin embargo, la duración de este efecto negativo aún no está clara<sup>(4)(5)(6)</sup>. Durante la etapa a corral, el rumen está adaptado a la fermentación de una dieta rica en almidón, la cual favorece a un ambiente amilolítico y deprime la microbiota celulolítica, lo que reduce la tasa de degradación de forrajes<sup>(8)(9)</sup>. El cambio abrupto del tipo de dieta al pasar al pastoreo en primavera podría ser uno de los factores que expliquen la menor ganancia individual, dado que el pasaje de una dieta con elevada proporción de concentrados en el corral a otra solamente a base de forraje requeriría de una readaptación de la microbiota y del ambiente ruminal. Existen trabajos que reportan la necesidad de un período de adaptación entre catorce a veintidós días cuando se pasa de una dieta fibrosa a una alta proporción de concentrados<sup>(10)(11)</sup>; sin embargo, no están claras las recomendaciones en cuanto al período de adaptación necesario para el pasaje inverso (concentrado a pasturas).

Como estrategia para mitigar el potencial impacto negativo de la alimentación a corral de terneros sobre su posterior crecimiento en pastoreo, algunos trabajos reportan que dietas con bajo contenido de grano en el corral podrían tener una menor carga acidificante, lo que permitiría sostener un ambiente ruminal y un metabolismo digestivo que se adapte de forma más rápida al cambio de dieta<sup>(3)(7)</sup>. Se ha encontrado que mayores niveles de inclusión de fibra larga en dietas a corral podrían minimizar la magnitud de la depresión en las ganancias de peso poscorral, siendo relevante para esta mejora la cantidad y calidad de la fibra aportada por la dieta<sup>(12)</sup>. En algunos establecimientos, el uso de fibra larga en la dieta constituye una limitante operativa (mayor tiempo de distribución), financiera (inversión en mixer, enfardadora) o de acceso al recurso (zonas con menor aptitud de suelos para realizar reservas). Para

solucionar estas limitantes, se han realizado diversas investigaciones<sup>(13)(14)(15)</sup> acerca de la utilización de dietas concentradas con la inclusión de fibra corta como fuente de fibra físicamente efectiva (grano entero de maíz, grano de avena entero, retornable fino, cáscara de arroz). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, dietas con alta concentración energética podrían generar un detrimento del desempeño posterior a pasto.

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la alimentación a corral respecto al pastoreo directo de praderas durante el invierno e identificar el nivel de voluminoso en las dietas de corral que mejoraría la ganancia de peso y eficiencia de conversión global del sistema corral-pastura, evaluado durante el período invierno-primavera. Se plantea como hipótesis que la alimentación a corral de terneros durante su primer invierno de vida seguido de pastoreo en primavera mejora la producción total de peso invierno-primavera y la eficiencia de conversión del alimento respecto al testigo a pasto. Sin embargo, la magnitud de estas respuestas variará dependiendo del nivel de voluminoso en la dieta durante la fase de alimentación a corral.

## **2.2. Materiales y métodos**

El trabajo fue realizado en la Estación Experimental M. A. Cassinoni (32° 23' S, 58° 02' O), Uruguay, y abarcó un período experimental de 190 días durante las estaciones de invierno (15/6 al 3/10/17: 110 días) y primavera (3/10 al 22/12/17: 80 días). El protocolo experimental fue aprobado por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal de la Universidad de la República de Uruguay (expediente n.º 021130-001649-17).

### **2.2.1. Animales, tratamientos y manejo**

Se utilizaron treinta y dos terneras Hereford, provenientes del rodeo experimental, nacidas de partos de la primavera anterior. A inicio de invierno, los animales fueron bloqueados por peso vivo (PV), en dos grupos: livianas ( $139 \pm 6,7$  kg) y pesadas ( $161 \pm 7,5$  kg). Dentro de cada grupo, los animales se asignaron al azar a uno de los cuatro tratamientos: tres raciones totalmente mezcladas (RTM) suministradas *ad libitum* (tres veces por día) en confinamiento, que diferían en el porcentaje de

voluminoso (0 %, 35 % y 70 % base seca) y un testigo en pastoreo de avena (*Avena byzantina*), manejado con una oferta de forraje (OF) de 5 kg MS/100 kg de PV (tabla 1).

**Tabla 1.** Composición de ingredientes y química de la dieta ofrecida en invierno para los diferentes sistemas de alimentación invernal (corral, SAC vs. pasto, SAP) y nivel de voluminoso en la etapa de corral (NV, 0, 35 y 70 % en base seca)

<i>Dieta ofrecida (% base seca)</i>	<b>Tratamientos</b>			
	SAP	SAC		
	Pasto	70NV	35NV	0NV
Verdeo de avena byzantina, %	100	-	-	-
Heno de moha picado, %	-	70	35	0
Grano de avena entero, %	-	0	0	35
DDGS de sorgo, %	-	20	20	20
Sorgo grano seco molido, %	-	5	40	40
Núcleo y aditivos, % <sup>A</sup>	-	5	5	5
<b><i>Composición química de la dieta en invierno</i></b>				
Materia seca (MS), % base fresca	19,1	92,6	92,3	92,2
Proteína cruda, %	12,5	14,4	14,3	14,7
Fibra detergente neutro, %	55,0	62,2	42,7	30,5
Fibra detergente ácida (FDA), %	27,1	32,8	21,8	14,1
Cenizas, %	12,3	9,0	5,8	3,6
Digestibilidad de la MS (DMS) <sup>B</sup> , %	67,8	63,3	71,9	77,9
Energía Metabolizable (EM) <sup>C</sup> , Mcal/kg MS	2,4	2,3	2,6	2,8

<sup>A</sup> Contiene por kg MS: 538 g de grano de maíz; 147 g de urea; 261 gramos de carbonato de calcio; 33 g de zoodry feedlot; 5 g de monensina (10 %); 16 g de levaduras.

<sup>B</sup> DMS (%) = 88,9 - (0,779 % FDA)<sup>(16)</sup>

<sup>C</sup>EM = DMS\*3,60<sup>(17)</sup>

Durante la etapa de corral en invierno, diariamente se realizaron tres suministros de alimento en cantidades iguales y se ajustó la cantidad mediante la lectura de comedero para asegurar un consumo *ad libitum* (ante rechazos menores al 5 %, se incrementaba la oferta en un 5 %). Al finalizar la etapa de alimentación invernal, todos los

tratamientos pasaron a pastorear de forma abrupta una pradera mixta de segundo año compuesta por leguminosas (*Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*) y gramínea (*Festuca arundinacea*) durante la primavera (tabla 2). Se realizó pastoreo rotativo en franjas de siete días de ocupación, con una OF no limitante de 6 kg MS/100 kg PV<sup>(18)</sup>, cada repetición pastoreando una parcela independiente. La OF fue ajustada semanalmente, variando el área de pastura ofrecida de acuerdo con la biomasa de MS de forraje disponible y el PV promedio por parcela.

**Tabla 2.** Composición química de la pastura ofrecida en primavera para los diferentes sistemas de alimentación invernal (corral, SAC vs. pasto, SAP) y nivel de voluminoso en la etapa de corral (NV, 0 %, 35 % y 70 % en base seca).

<i>Composición química</i>	<b>Tratamientos</b>			
	SAP	SAC		
	<b>Pasto</b>	<b>70NV</b>	<b>35NV</b>	<b>0NV</b>
Materia seca (MS), % base fresca	25,9	26,0	26,3	25,8
Proteína cruda, %	8,4	8,4	8,3	8,4
Fibra detergente neutro, %	65,6	65,9	65,7	65,8
Fibra detergente ácida, %	33,5	33,9	33,6	33,9
Cenizas, %	11,7	11,6	11,6	11,6
Digestibilidad de la MS (DMS), %	61,8	63,5	58,8	61,7
Energía metabolizable (EM), Mcal/kg MS <sup>A</sup>	2,2	2,3	2,1	2,2

<sup>A</sup> EM = DMS\*3,60<sup>(17)</sup>

### **2.2.2. Registros, mediciones, muestreos y análisis químicos**

Los animales se pesaron de forma individual a inicio del experimento y cada catorce días, con una balanza electrónica de precisión de  $\pm 0,5$  kg. En invierno, durante la etapa de corral, se pesaron sin ayuno previo, siempre por la mañana, antes del suministro de la primera comida. Sin embargo, en condiciones de pastoreo, tanto para invierno como para primavera, los animales se pesaron con un ayuno previo de doce horas. Para igualar las condiciones, en los tratamientos de corral, se estimó el peso vivo vacío calculando un destare de cuatro porciento<sup>(17)</sup> sobre el peso lleno, excepto en la última

pesada correspondiente a la salida del corral, donde los animales recibieron ayuno como los testigos a pasto.

Diariamente, en el corral de invierno, se midió la cantidad de alimento ofrecido (base seca) y rechazado por repetición, del que luego se descartó el residuo. En condiciones de pastoreo, semanalmente durante el invierno y primavera, se midió la biomasa de forraje disponible (FD) y el forraje residual (FR) mediante la técnica de doble muestreo<sup>(19)</sup> donde se utilizó una escala de tres puntos con dos repeticiones, evaluándose la pastura en cien puntos al azar por parcela. Se midió la altura de la pastura con una regla en cinco puntos de la diagonal de cada cuadro de la escala y se registró el punto de contacto con la hoja más alta sin extender. Los valores de biomasa disponible luego fueron corregidos por la tasa de crecimiento<sup>(20)</sup>.

Durante la primavera, se realizaron muestreos concentrados, pastoreando en franjas diarias, durante una semana a inicio (días 110 al 116 y 124 al 130), mitad (días 138 al 144) y fin de la estación (días 180 al 186). Durante tres días consecutivos de cada semana se realizó la recolección total de heces por parcela, directamente del suelo, se pesaron las muestras (peso fresco) y se congelaron en su totalidad para su conservación. Paralelamente, se tomaron muestras de forraje consumido mediante la técnica de *hand clipping*, donde se simuló el pastoreo en un área adyacente a la parcela<sup>(21)</sup>.

Las muestras de alimento (forraje ofrecido, consumido, ingredientes de ración) obtenidas durante el experimento se secaron en su totalidad con una estufa de aire forzado (60 °C) por 48 h hasta peso constante. En las muestras de heces (previamente descongeladas en 24 h al aire libre) se tomó una submuestra (500 g en base fresca), la cual se secó en la estufa por 168 h. Las muestras secas fueron molidas a dos milímetros en un molino a martillo (*Wiley mill*) y conservadas para posterior análisis químico.

Para el análisis químico, se realizaron muestras compuestas por parcela y por semana de muestreo del alimento ofrecido en el corral, forraje disponible, consumido y de heces. En el alimento ofrecido en el corral y en el forraje disponible se determinó proteína cruda (PC)<sup>(22)</sup>, cenizas<sup>(22)</sup>, fibra detergente neutro (FDN) con amilasa y

corregida por cenizas<sup>(23)</sup> y fibra de detergente ácido (FDA) corregida por el contenido de cenizas<sup>(23)</sup>; los análisis de fibra fueron determinados de forma secuencial con tecnología Ankom (Fiber Analyzer 200). Por último, en las muestras de heces y forraje consumido se determinó la concentración de cenizas<sup>(22)</sup> y cenizas insolubles en ácido<sup>(24)</sup>.

### **2.2.3. Variables calculadas**

Para el cálculo de las variables, se consideró la estación de invierno el período de 0 a 110 días; primavera, el período de 110 a 190 días, y el período invierno-primavera, de 0 a 190 días.

La ganancia media diaria (GMD) se calculó para período de invierno, primavera e invierno-primavera con base en los coeficientes de regresión del PV vacío en función del tiempo.

La digestibilidad de la materia seca (DMS) de la pastura de avena y de la RTM durante el invierno se estimó a partir de la concentración de FDA en el alimento<sup>(17)</sup>  $DMS (\%) = 88,9 - (0,779 \% FDA)$ . Por otro lado, en primavera, la DMS aparente se determinó *in vivo* utilizando el contenido de cenizas insolubles en ácido como marcador interno determinado en heces y en el forraje consumido<sup>(25)</sup>.

Para las dietas del corral de invierno, se utilizó el separador de partículas Penn State<sup>(26)(27)</sup> para estimar el aporte de fibra físicamente efectiva (FDNfe), la cual se calculó como producto entre la FDN del alimento ofrecido y el factor de efectividad de la fibra (fef). Este último considera la proporción de partículas que está por encima de 1,18 mm.

Durante el invierno, el consumo de materia seca (CMS) en el corral fue calculado como la diferencia entre la cantidad de MS ofrecida y la MS rechazada, mientras que el CMS de forraje expresado en kg cada 100 kg de PV se calculó como el producto entre la OF y la utilización del forraje (UF)<sup>(28)</sup>, calculándose la UF como  $UF (\%) = ((FD - FR) / FD) * 100$ .

Por otro lado, durante la primavera, el CMS de forraje se estimó a partir de la DMS *in vivo* y la producción total de MS en heces<sup>(29)(30)</sup>. El CMS del período invierno-

primavera se calculó en base a una ponderación del CMS de invierno y primavera por la duración de cada período.

La concentración de energía metabolizable de la dieta (EM) se estimó mediante la ecuación  $EM \text{ (Mcal/kg MS)} = DMS * 3,60^{(17)}$ , para luego calcular el consumo de energía metabolizable (CEM) como el producto entre CMS y EM. Con base en el peso promedio vacío de cada estación, se estimaron los requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento (REMm) para el período de invierno y primavera, teniendo en cuenta el metabolismo basal y actividad básica<sup>(31)</sup>, y en condiciones de pastoreo, la actividad de cosecha<sup>(32)</sup>.

La eficiencia de conversión del alimento (EC) fue calculada para invierno y primavera como el cociente entre consumo diario de materia seca y la ganancia media diaria de peso vivo. La eficiencia de conversión global, la cual considera el período invierno-primavera en su conjunto, se calculó con base en el consumo de materia seca global y la ganancia media diaria obtenida como la pendiente de PV en el período de 0 a 190 días.

#### **2.2.4. Análisis estadístico**

El experimento fue analizado mediante modelos lineales correspondientes a un diseño en bloques al azar, considerando como unidad experimental el conjunto de animales por parcela (cuatro animales/parcela). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete de programas de SAS Systems (v. 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC), y el procedimiento varió según el tipo de variable analizada. Las ganancias diarias de peso vivo se analizaron con el procedimiento MIXED, basado en el modelo lineal mixto de heterogeneidad de pendientes de peso vivo en función del tiempo. Se consideró la autocorrelación entre las medias repetidas de peso vivo, se utilizó el peso vivo de inicio como covariable y se incluyeron los efectos fijos tratamiento y tiempo de medición y efecto aleatorio de bloque. Las variables CMS (expresado tanto en kg/día como en relación con su peso), DMS, CEM, REMm, EC y peso vivo al fin de cada estación se analizaron con el procedimiento MIXED aplicando un modelo lineal general que incluyó los efectos fijos de bloque y tratamiento.

Cuando el efecto de tratamientos fue significativo, las medias fueron comparadas mediante contrastes ortogonales. Estos fueron diseñados para determinar el efecto del sistema de alimentación de invierno (corral, SAC vs. pasto, SAP), el efecto de nivel de voluminoso (35NV vs. 70VNV) y el efecto de remoción total de voluminoso (0NV vs 35NV + 70NV) en la dieta a corral. Se consideró un efecto estadísticamente significativo cuando la probabilidad de error tipo I fue menor al 5 % y una tendencia cuando esta se situó entre 5 % y 10 %.

### **2.3. Resultados y discusión**

Los resultados del efecto de tratamiento sobre la ganancia de peso, consumo y eficiencia de conversión se presentarán de forma independiente para cada período (invierno, primavera y invierno-primavera).

#### **2.3.1. Período de invierno**

El pastoreo durante el invierno se caracterizó por presentar, en promedio, una disponibilidad de forraje prepastoreo de  $2731 \pm 928$  kg MS/ha con una altura de ingreso de  $36,50 \pm 8,34$  cm y una altura residual de  $11,53 \pm 5,71$  cm. Por otro lado, la utilización de forraje para ese período fue de  $68,30 \pm 17,09$  %. Los valores de disponibilidad de forraje y los niveles de PC de 12,5 % (tabla 1) podrían indicar que el consumo de este no estuvo limitado por esas variables<sup>(33)(34)(35)</sup>; sin embargo, los altos valores de utilización (+60 %) podrían señalar una leve restricción de consumo<sup>(36)</sup>. Por otro lado, durante la etapa de corral, las dietas suministradas fueron isoproteicas con valores de PC de 14,5 % (tabla 1), superiores a los obtenidos en condiciones de pastoreo. Los tratamientos aplicados generaron diferencias en cuanto a los niveles de fibra. La disminución del voluminoso (70 NV a 35 NV) redujo 32 % los niveles de FDN en la dieta, mientras que la remoción del voluminoso (35NV + 70NV a 0NV) redujo la FDN un 42 %. En el mismo sentido, los valores de FDNfe fueron de 30,4 %, 15,9 % y 14,3 %, respectivamente, para los tratamientos 70NV, 35NV y 0NV. El tratamiento 0NV logró mantener niveles similares de FDNfe respecto al tratamiento con voluminoso (35 NV), ambos con valores en torno a la recomendación actual mínima de FDNfe (15 % en la dieta) para bovinos en engorde<sup>(37)</sup>.

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos sobre el consumo y crecimiento animal para el período de invierno (día 0 a 110).

**Tabla 3.** Efecto del sistema de alimentación invernal (corral, SAC vs. pasto, SAP) y del nivel de voluminoso durante la etapa de corral (NV, 0 %, 35 % y 70 % en base seca) sobre el consumo, requerimiento de mantenimiento, desempeño animal y eficiencia de conversión (promedios período invernal, 0 a 110 días)

	Tratamientos				EE	Contrastes ortogonales (valor de P)*		
	SAP	SAC				SAC vs. SAP	0NV vs. 70NV	35NV vs. NV
	Pasto	70NV	35NV	0NV				
CMS, kg/día	6,1	5,7	6,6	6,7	0,04	*	**	***
CMS, % PV	3,7	3,1	3,5	3,4	0,06	*	0,37	*
CEM, Mcal/día	14,8	12,9	17,1	18,7	0,10	**	*	*
REMM, Mcal/día	6,7	6,2	6,2	6,4	0,07	***	0,13	0,91
GMD, kg/día	0,51	0,74	1,01	1,32	0,04	***	***	***
Peso (día 110), kg/día	198,4	224,4	253,2	286,6	5,66	***	***	***
EC, kg MS/kg PV	12,3	7,7	6,5	4,9	0,34	***	*	0,08

\*Se detectaron diferencias significativas: \*( $p \leq 0,05$ ), \*\*( $p \leq 0,01$ ), \*\*\*( $p \leq 0,001$ ).

EE: error estándar; CMS: consumo de materia seca; CEM: consumo de energía metabolizable; REMM: requerimiento de energía metabolizable para mantenimiento; GMD: ganancia media diaria; EC: eficiencia de conversión del alimento.

El CMS expresado en kg consumidos por día fue mayor para el SAC respecto a SAP (6,30 vs. 6,05 kg/día;  $P = 0,0157$ ). Dentro del SAC, el CMS fue mayor en 0NV respecto al promedio de 35NV + 70NV (6,65 vs. 6,12 kg/día;  $P = 0,0023$ ). Los valores de FDN consumidos fueron de 1,94 %, 1,49 % y 1,03 % PV, respectivamente, para tratamientos 70N, 35NV y 0NV. Mertens<sup>(38)</sup> hace referencia a que valores mayores a 1,2 % PV de FDN tenderían a limitar la capacidad de ingesta. En este sentido, la cantidad excesiva de fibra en la dieta podría haber determinado un efecto de llenado ruminal, asociado a una menor tasa de fermentación del heno de moha<sup>(38)</sup>, lo que disminuiría la tasa de pasaje y, por consiguiente, el consumo<sup>(7)(39)</sup>. Por otro lado,

cuando se analizó el CMS, expresado en relación con el peso vivo (% PV), la respuesta fue inversa a la obtenida en cantidad diaria y, por tanto, los animales de SAP presentaron mayor CMS respecto a SAC (3,67 vs. 3,34 %;  $P = 0,018$ ). Durante el invierno, los testigos a pasto presentaron una menor ganancia individual y, por tanto, un menor peso vivo promedio de existencia. El mayor CMS (% PV) a pasto sería consecuencia de que los animales más livianos tienden a consumir más en relación con su peso, dada la mayor proporción relativa de los órganos viscerales en el peso vivo total<sup>(7)(40)</sup>. Sin embargo, esta respuesta no se observó en el corral, donde el tratamiento 35NV presentó mayor CMS en % PV respecto al 70NV (3,12 vs. 3,49 %;  $P < 0,05$ ). Si bien el tratamiento 70NV presentó un menor peso promedio, posiblemente el mayor nivel de fibra en la dieta habría limitado el CMS. Por otro lado, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos con y sin voluminoso (0NV vs. 35NV + 70NV,  $P > 0,05$ ).

El consumo de energía metabolizable (CEM) fue superior un 10 % en SAC respecto a SAP (16,25 vs. 14,79 Mcal/día;  $P = 0,0011$ ). Dentro del SAC, el CEM incrementó conforme disminuyó el voluminoso en la dieta, con un 25 % más de CEM en 0NV en comparación con 35NV + 70NV (18,70 vs. 15,02 Mcal/día;  $P < 0,0001$ ). Si bien, dado los mayores pesos vivos promedios, se esperarían mayores requerimientos energéticos para mantenimiento (REMm) en los animales alimentados a corral, estos resultaron ser 6 % inferiores a los del SAP (6,24 vs. 6,65 Mcal/día;  $P = 0,0122$ ). Esta respuesta estuvo dada por el incremento de 15 % de la energía neta requerida para mantenimiento destinado a la actividad de cosecha en los animales testigos a pasto. En el SAC, los mayores CEM y menores REMm respecto a SAP determinaron una mayor disponibilidad de la EM consumida para ganancia de peso y, por tanto, un mejor desempeño.

En este sentido, el SAC mejoró significativamente la GMD durante el invierno respecto al SAP (1,02 vs. 0,51 kg/día;  $P < 0,001$ ). En el SAC, la GMD mejoró 36 % cuando se disminuyó de 70 % a 35 % el nivel de voluminoso en la dieta (0,74 vs. 1,01 kg/día;  $P < 0,0001$ ) y la remoción total del voluminoso (0NV) determinó un mejor desempeño individual (1,32 vs. 0,88 kg/día;  $P < 0,001$ ). Los resultados coinciden con

los datos reportados en el ámbito nacional e internacional por diversos autores, tanto para el tratamiento testigo a pasto manejado sobre un verdeo con una AF de 5 %<sup>(41)(42)</sup> como para los tratamientos de alimentación a corral, los cuales mostraron una mejora de la ganancia diaria con la disminución de los niveles de voluminoso en la dieta<sup>(43)(15)(44)</sup>. El incremento en la ganancia individual determinó que, a fines de invierno, los animales del SAC fueran 28 % más pesados que los del SAP (255 vs. 198 kg; P = 0,0001). A la salida del corral, ONV presentó mayor peso que 35NV + 70NV (287 vs. 239 kg; P = 0,0001). Teniendo en cuenta que el mayor peso fue obtenido a fines de invierno por el tratamiento ONV, se esperaría entonces que, en primavera, bajo condiciones de pastoreo, este tratamiento sea más afectado respecto a los tratamientos con dietas nutricionales más restrictivas durante el invierno.

La alimentación a corral mejoró en un 50 % la eficiencia de conversión respecto al testigo a pasto (6,36 vs. 12,31 kg MS/kg PV; P = 0,0006). A su vez, dentro del SAC, la EC mejoró con la disminución del voluminoso en la dieta, siendo ONV 30 % más eficiente que 35NV + 70NV (4,94 vs. 7,08 kg MS/kg PV; P = 0,0141); entre estos últimos no se encontraron diferencias estadísticas (P > 0,05). La alta relación voluminoso:concentrado en dietas de corral afecta la EC del alimento y la ganancia de peso de los animales dada una disminución de energía en la dieta y la reducción de la ingesta<sup>(38)</sup>. Teniendo en cuenta que los requerimientos para mantenimiento fueron similares entre los diferentes tratamientos de SAC, el mayor CEM observado en las terneras de ONV permitió destinar más energía para ganancia de peso y, por tanto, mejorar la EC<sup>(7)(40)</sup>.

### **2.3.2. Período de primavera**

El pastoreo durante la primavera se caracterizó por presentar una disponibilidad promedio de forraje de  $4759 \pm 269$  kg MS/ha, una altura de ingreso de  $23,65 \pm 0,94$  cm y una altura residual de  $15,65 \pm 1,07$  cm. Por otro lado, la utilización de forraje para ese período fue de  $40,66 \pm 3,05$  % y la asignación de forraje efectiva de  $6,64 \pm 0,04$  kg MS cada 100 kg de PV. Los valores de disponibilidad (superior a 2000 kg MS/ha), oferta (superior 6 % PV) y utilización de forraje (menor a 60 %) sugieren que no habría limitante para el consumo animal desde el punto de vista de la cantidad de

forraje<sup>(34)(36)</sup>. Sin embargo, cuando analizamos la calidad de la pastura, los valores de PC en torno a 8 % (tabla 2) podrían generar detrimento del consumo, ya que estarían cercanos al mínimo adecuado (7 % PC) para la actividad de la microbiota ruminal<sup>(33)(35)</sup>. La baja concentración proteica y el menor aporte de EM en relación con la oferta invernal probablemente estuvieran asociados a la acumulación de forraje, dado que la pastura venía de un largo período de descanso y se encontraba en fase reproductiva. Esto, sumado a la gran incidencia de *Stipa charruana* de tipo ordinario<sup>(45)</sup>, podría explicar la baja calidad de la pastura de segundo año (8 % de PC y 65 % de FDN).

En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos en la primavera (P: día 110 a 190). Para dicha estación, analizando las curvas de crecimiento animal, se identificó en el SAC un período crítico correspondiente a los catorce días luego del cambio de sistema de alimentación, evidenciado por la menor ganancia de peso respecto al tratamiento testigo. En tal sentido, con el fin de caracterizar el desempeño del animal en la etapa de transición del corral al pasto, se analizaron los resultados de primavera en dos períodos: P1, correspondiente a los primeros catorce días luego del cambio de sistema de alimentación (día 110 a 124), y P2, donde se evidencia una mejora en el desempeño de los SAC para dicha estación (día 124 a 190).

**Tabla 4.** Efecto del sistema de alimentación invernal (corral, SAC vs. pasto, SAP) y del nivel de voluminoso durante la etapa de corral (NV, 0 %, 35 % y 70 % en base seca) sobre el consumo, requerimiento de mantenimiento, desempeño animal y eficiencia de conversión (promedios período primavera, 110-190 días)

	Tratamientos				EE	Contrastes ortogonales (valor de P)*		
	SAP	SAC				SAC vs. SAP	0NV vs. (35NV+ 70NV)	35NV vs. 70 NV
	Pasto	70NV	35NV	0NV				
CMS, kg/día	3,7	4,3	4,5	3,8	0,39	0,32	0,25	0,75
CMS, % PV	1,8	1,9	1,9	1,3	0,15	0,67	0,08	0,69
DMS, %	61,8	63,5	58,8	61,7	1,19	0,78	0,73	0,07
CEM, Mcal/día	8,2	10,0	9,6	8,4	0,89	0,36	0,29	0,80
REMM, Mcal/día	7,9	8,4	9,3	9,8	0,06	*	**	**
GMD P, kg/día	0,30	0,13	0,07	-0,04	0,06	***	0,07	0,47
<i>GMD P1, kg/día</i>	<i>0,39</i>	<i>-0,51</i>	<i>-0,75</i>	<i>-0,66</i>	<i>0,12</i>	***	<i>0,85</i>	<i>0,19</i>
<i>GMD P2, kg/día</i>	<i>0,29</i>	<i>0,27</i>	<i>0,24</i>	<i>0,09</i>	<i>0,06</i>	0,25	*	0,76
Peso (día 190), kg	221,8	234,4	258,5	282,1	5,67	***	***	**
EC, kg MS/kg PV	11,8	22,6	34,5	147,6	33,9	*	*	0,36

\*Se detectaron diferencias significativas: \*(p ≤ 0,05), \*\*(p ≤ 0,01), \*\*\*(p ≤ 0,001).

EE: error estándar; GMD P: ganancia media diaria primavera; P: 110 a 190 días; P1: período de 110 a 124 días; P2: período de 124 a 190 días; CMS: consumo de materia seca; DMS: digestibilidad de la materia seca (promedio de las semanas de mediciones); CEM: consumo de energía metabolizable; REMM: requerimiento de energía metabolizable para mantenimiento; EC: eficiencia de conversión del alimento

Si bien durante el período de primavera, el CMS, expresado tanto en kg de MS como en relación con el PV, no fue afectado por los tratamientos aplicados en invierno ( $P > 0,05$ ), los valores absolutos fueron muy inferiores a los mantenidos durante el invierno ( $6,23 \pm 0,04$  vs.  $4,08 \pm 0,13$  kg MS/día). Para las variables DMS ( $61,46 \pm 1,19$  %) y CEM ( $9,04 \pm 0,89$  Mcal/día), tampoco se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0,05$ ). Pese a que la AF no fue limitante (6,64 % de PV), los altos valores de FDN y niveles bajos de PC (8,4 %) podrían haber afectado la actividad

bacteriana en el rumen, lo que disminuye la digestibilidad de la dieta y el consumo voluntario<sup>(35)(46)(47)(48)</sup>.

En la fase de transición corral-pasto, correspondiente a los primeros catorce días poscorral, todos los tratamientos provenientes de corral perdieron peso, a diferencia de lo observado en los animales de SAP (-0,64 vs. 0,39 kg/día;  $P < 0,0001$ ). La magnitud de la pérdida en SAC fue independiente del nivel de voluminoso ( $P > 0,05$ ). Este mejor desempeño en la fase de transición del testigo a pasto respecto a los tratamientos de corral también fue encontrado por Pordomingo et al.<sup>(12)</sup>, aunque en diferentes magnitudes. A diferencia del presente trabajo, estos autores encontraron que hubo efecto significativo del nivel de voluminoso en la dieta a corral en los primeros quince días poscorral: se evidenció que la inclusión de 40 % de heno de pradera en la dieta evitó la pérdida de peso (-0,05 kg/día), mientras que los niveles de 10 % de voluminoso no fueron suficientes para sostener una ganancia individual positiva (-0,21 kg/día). Los autores destacan que, además de la cantidad de heno, la calidad del forraje es crucial. Señalan que el uso de recursos forrajeros con una mayor tasa de pasaje y mayor capacidad *buffer*, como el heno de alfalfa o el silaje de maíz, podría reducir la depresión poscorral<sup>(12)</sup>.

Según Parra et al.<sup>(49)</sup>, la GMD en los primeros catorce días está muy afectada por el peso de salida del corral, ya que podría reflejar un efecto confundido del nivel de engrasamiento alcanzado y del llenado ruminal. Si bien los registros de peso vivo vacío se obtuvieron en las mismas condiciones, con doce horas de ayuno de alimento y agua, el contenido en el tracto gastrointestinal puede variar con el tiempo y con el tipo de dieta<sup>(50)</sup>. Según Di Marco<sup>(40)</sup>, la pérdida de peso por desbaste se da con mayor intensidad en las primeras seis horas de ayuno; sin embargo, podría persistir en menor medida hasta las veinticuatro horas. Asimismo, cuando la alimentación se realiza con concentrados, la merma del contenido del tracto digestivo tiende a ser mayor respecto a una alimentación con base en forrajes, a pesar de que el contenido del tracto digestivo tenga un mayor peso en estos últimos<sup>(51)</sup>. Por otra parte, la alternancia en el plano nutricional determina cambios en la deposición de tejidos, en el contenido dentro del tracto gastrointestinal y en los órganos viscerales (involucrados en el proceso de

digestión y metabolismo) que pueden generar variabilidad en el peso corporal durante un período de varias semanas<sup>(49)</sup>.

El cambio abrupto de dieta en los tratamientos a corral podría haber generado una reducción en el contenido del tracto digestivo más allá de las doce horas de ayuno, sobreestimando la pérdida de peso en la fase de transición. Por otra parte, a medida que aumenta la concentración de la dieta en el corral, la merma del animal tiende a ser mayor en los primeros días de pastoreo<sup>(49)</sup>. En este sentido, el desempeño animal durante la fase de transición se afectaría en mayor medida en los tratamientos con dietas más concentradas (35 y 0NV) y no serían tan relevantes en el tratamiento testigo.

En el período posterior a la transición (124 a 190 días), no se encontraron diferencias estadísticas en GMD entre los SAP y SAC ( $P > 0,05$ ). En el SAC, la ganancia individual no se diferenció entre los tratamientos con voluminoso (35 vs. 70NV); no obstante, estos tratamientos ganaron más que el tratamiento 0NV (0,26 vs. 0,09 kg/día;  $P = 0,0320$ ). Este resultado estaría indicando que al menos un 35 % nivel de inclusión de voluminoso en la dieta sería necesario para una recuperación más rápida del desempeño animal durante el período posterior a la transición. Para el tratamiento 0NV, parecería existir una depresión inicial que se extiende por más de catorce días poscorral. Estos resultados también fueron encontrados por otros autores<sup>(4)(5)(6)</sup>, los cuales evidenciaron que una alimentación con alto contenido de almidón o elevada oferta de alimento podría generar una depresión de la respuesta en pastoreo que se extienda por más de tres semanas a pasto.

La recuperación obtenida en el período posterior a la transición no fue suficiente para compensar, a lo largo de la estación, la depresión inicial durante la transición corral-pasto. Por tanto, los tratamientos alimentados a corral presentaron menor GMD que los testigos a pasto durante el período de primavera (0,05 vs. 0,30 kg/día;  $P = 0,001$ ); al mismo tiempo, no hubo efecto del nivel de voluminoso en la dieta ( $P > 0,05$ ).

Los resultados obtenidos en la presente investigación podrían haber sido afectados por la condición de la pastura durante la primavera, aspecto que se evidencia en la menor GMD (0,30 kg/día) del tratamiento testigo siempre a pasto, respecto a lo esperado. Diversos autores reportan<sup>(18)(12)(44)</sup> que la GMD sobre pasturas sembradas con ofertas

de forraje no limitante (+6 % PV) estarían en torno a 0,80-1,00 kg/día durante el período de primavera. Pese a esto, durante la primavera, SAP presentó un mejor desempeño respecto al SAC, pero que no fue suficiente para alcanzar los altos pesos obtenidos a la salida del invierno por los tratamientos alimentados a corral. En este sentido, si bien se mantuvo la tendencia obtenida a fin de invierno, se acortaron las diferencias en peso, lo que resultó en que los animales del SAC fueran un 16 % más pesados a fin de primavera que los SAP (258 vs. 222 kg;  $P = 0,0001$ ).

Los altos pesos en los animales de SAC determinaron que, en la primavera, estos presentaran 16 % más de REMm respecto a SAP (9,16 vs. 7,90 Mcal/día;  $P = 0,0004$ ). Asimismo, dentro de SAC, el tratamiento 0NV presentó 10 % más de REMm respecto a los tratamientos con voluminosos (9,76 vs. 8,86 Mcal/día;  $P = 0,0012$ ). Esto en parte podría explicar el menor desempeño del SAC respecto a SAP, aun cuando no se registraron diferencias estadísticas en CEM (Mcal/d); la mayor parte de la energía consumida se habría utilizado para cubrir los altos requerimientos energéticos de mantenimiento determinados por un mayor peso vivo promedio en los tratamientos de corral. Por otra parte, se puede destacar que, para el tratamiento 0NV, los bajos CEM no fueron suficientes para satisfacer los requerimientos energéticos para mantenimiento, lo que podría indicar una movilización de reservas.

Con base en los resultados destacados anteriormente, la respuesta obtenida en la EC del período de primavera fue inversa a la de invierno, lo que resultó en que el testigo a pasto fuera cinco veces más eficiente en la conversión del alimento durante la primavera que los tratamientos provenientes de corral (11,78 vs. 68,25 kg MS/kg PV;  $P = 0,0240$ ). Por otro lado, la EC del tratamiento 0NV durante el pastoreo fue cinco veces menos eficiente que los tratamientos con voluminoso (147,60 vs. 28,58 kg MS/kg PV;  $P = 0,0201$ ).

### **2.3.3. Período de invierno-primavera**

En la tabla 5 se presentan los resultados obtenidos para el período global invierno-primavera (día 0 a 190). No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el CMS tanto en kg por día como en relación con el peso vivo ( $P > 0,05$ ).

**Tabla 5.** Efecto del sistema de alimentación invernal (corral, SAC vs. pasto, SAP) y del nivel de voluminoso durante la etapa de corral (NV, 0 %, 35 % y 70 % en base seca) sobre el consumo, crecimiento animal y eficiencia de conversión (promedios período invierno-primavera, 0-190 días)

	Tratamientos				EE	Contrastes ortogonales (valor de P)*		
	SAP	SAC				SAC vs. SAP	0NV vs. 35NV+ 70NV	35NV vs. 70 NV
	P	70NV	35NV	0NV				
CMS, kg/día	5,1	5,1	5,7	5,4	0,17	0,15	0,92	0,08
CMS, % PV	2,9	2,6	2,8	2,5	0,09	0,11	0,23	0,28
GMD, kg/día	0,43	0,50	0,64	0,78	0,04	***	***	*
EC, kg MS/kg PV	11,3	10,3	9,0	6,9	0,19	**	**	*

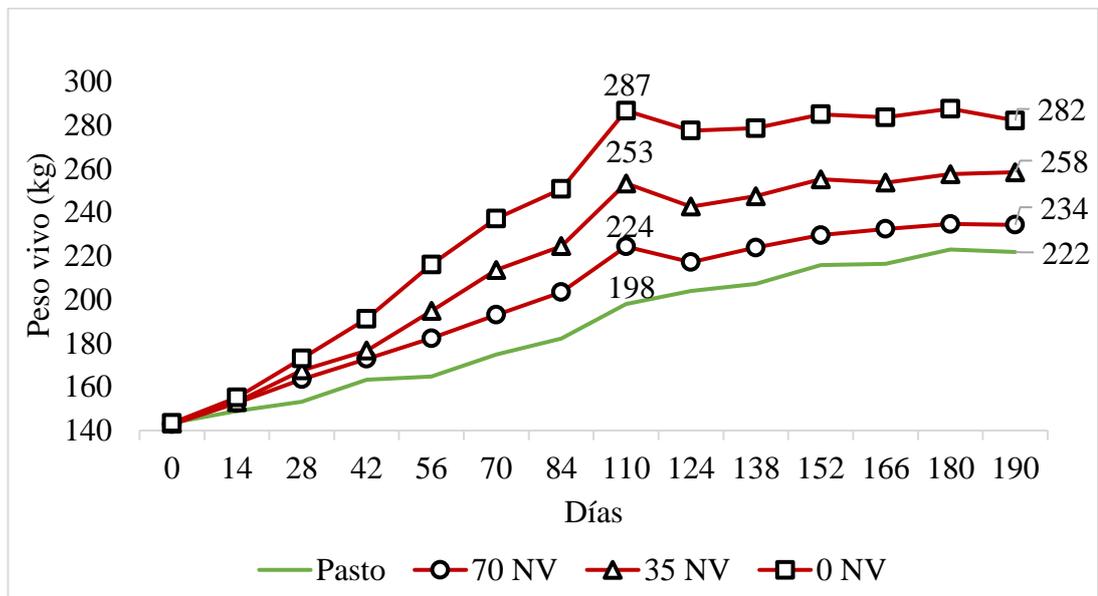
\*Se detectaron diferencias significativas: \*( $p \leq 0,05$ ), \*\*( $p \leq 0,01$ ), \*\*\*( $p \leq 0,001$ ).

EE: error estándar; CMS: consumo de materia seca; GMD: ganancia media diaria; EC: eficiencia de conversión del alimento

En el período global, los animales con previa alimentación a corral, en promedio, presentaron mejor desempeño que los testigos a pasto (0,64 vs. 0,43 kg/día;  $P < 0,001$ ). Esto indica que, si bien SAC presentó un menor desempeño en el período de primavera, la alta tasa de ganancia obtenida en el corral durante el invierno incidió en mayor medida en el resultado final, ya que SAP no logra una compensación total del peso a fin de primavera. Estos resultados son consistentes con los reportados por Baldi et al.<sup>(4)</sup>. Estos autores hacen referencia a que, aun cuando exista una relación inversa entre la ganancia de invierno y la de primavera, los animales que obtienen un mejor peso a fin de primavera son los que maximizan su desempeño durante el invierno en condiciones de confinamiento. Por otra parte, contrariamente a lo observado en el presente trabajo, Pordomingo et al.<sup>(12)</sup> no encontraron diferencias entre los sistemas de alimentación (pasto vs. corral) en el período global analizado, dado que, durante el invierno, los animales en condiciones de pastoreo lograron mantener ganancias similares a las de corral (1 kg/día).

Cuando se analiza la curva de crecimiento invierno-primavera (figura 1), se percibe que las diferencias de peso vivo generadas entre el SAC y SAP a fin de invierno (+57

kg/cab, día 110) tienden a disminuir a fin de primavera (+36 kg/cab, día 190). El mejor desempeño de SAP respecto a SAC en la primavera no fue capaz de compensar la menor GMD durante el invierno y, por tanto, a fin de primavera, se mantiene —aunque en menor medida— la superioridad de los tratamientos de corral respecto a los testigos a pasto (+16 %, 258 vs. 222 kg;  $P < 0,0001$ ). Sin embargo, cuando se analizan las diferencias de peso alcanzadas por cada tratamiento respecto al testigo a pasto a fines de cada estación, se percibe que hay una reducción en las diferencias obtenidas desde el fin de invierno al fin de la primavera. Estas reducciones son del 51 %, 33 % y 32 %, respectivamente, para los tratamientos 70NV, 35NV y 0NV en relación con el testigo a pasto.



**Figura 1.** Efecto del sistema de alimentación invernal (corral, SAC vs. pasto, SAP) y del nivel de voluminoso durante la etapa de corral (NV, 0, 35 y 70 % en base seca) sobre la curva de crecimiento invierno-primavera (0-190 días)

Como el CMS promedio estimado para el período invierno-primavera no difirió entre tratamientos ( $P > 0,05$ ), el mejor desempeño obtenido por el SAC determinó que SAC fuera 22 % más eficiente que SAP en la conversión del alimento (8,74 vs. 11,27;  $P = 0,0013$ ). Esta respuesta también se observó en el SAC asociada con la disminución de los niveles de voluminoso en la dieta, resultando, para el período invierno-

primavera, 27 % más eficiente el tratamiento 0NV respecto a 35NV + 70 NV (6,94 vs. 9,63; P = 0,0013).

#### **2.4. Conclusiones**

Cuando se analiza la globalidad del período invierno-primavera, terneros que son alimentados a corral durante el invierno y posteriormente a pasto en primavera presentan mejor desempeño individual y eficiencia de conversión del alimento en comparación a aquellos que siempre se mantienen en condiciones de pastoreo. Al mismo tiempo, en condiciones de alimentación a corral, estas variables mejoran significativamente a medida que disminuye el nivel de voluminoso en la dieta.

La estrategia de incrementar el voluminoso en la dieta de corral no fue eficaz para mitigar el efecto residual del corral sobre el desempeño posterior a pasto, ya que, independientemente del nivel de voluminoso en la dieta, luego de la salida del corral se detectó un período de corta duración (catorce días) con pérdida de peso (-0,64 kg/día). A pesar de que los testigos que siempre estuvieron a pasto presentaron un mejor desempeño durante la primavera, esto no fue suficiente para alcanzar la alta tasa de ganancia que mantuvieron los animales a corral durante el invierno y, por tanto, los animales con previa alimentación a corral obtuvieron los mayores pesos a fines de primavera.

#### **2.5. Agradecimientos**

Esta investigación fue posible gracias a la beca de maestría de la ANII (POS\_NAC\_2018\_1\_151720) y a la beca de apoyo a la finalización de estudios de posgrado brindada por la Comisión Académica de Posgrado (CAP), Uruguay.

#### **2.6. Transparencia de datos**

Información no disponible: el conjunto de datos que respalda los resultados de este estudio no está disponible públicamente.

#### **2.7. Contribuciones de cada autor**

NZ: recopilación de datos, análisis de datos, escritura-redacción; AS: conceptualización; metodología; supervisión del trabajo de campo; OB: análisis de

datos; MVB: recopilación de datos; VB: conceptualización; metodología; escritura-revisión.

## **2.8. Referencias**

1. Ceconi I, Elizalde J. Encierre estratégico de terneros. Análisis de casos reales en sistemas de producción de carne. Gral. Villegas, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); 2008. 64 p.

2. Simeone A, Beretta V. Manejo nutricional del ganado de carne. Suplementación y engorde a corral: cuándo y cómo integrarlos en el sistema ganadero. Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne; Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay; 2005, p. 21-26.

3. Simeone A, Invernizzi G, Buffa JI, Andregnette B. Variables determinantes del resultado físico y económico de la invernada en sistemas agrícola ganaderos de las regiones Litoral Oeste y Cristalino Centro. En: Simeone A, editor. Nuevas alternativas tecnológicas y cambio técnico en sistemas de invernada del litoral oeste y cristalino centro del Uruguay (GIPROCAR II). Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA); 2013. p. 7-24. Serie Técnica; 205.

4. Baldi F, Bancharo G, LaManna A, Fernández E, Pérez E. Efecto del manejo nutricional post-destete y durante el período de terminación sobre las características de crecimiento y eficiencia de conversión en sistemas de recría y engorde intensivo. En: Serie Actividades de Difusión n.º 609; 2010. p. 1-13.

5. Pordomingo AJ, Kent F, Pordomingo AB, Volpi Lagreca G, Alende M. Efecto del nivel de alimentación en recría a corral sobre la respuesta animal en el pastoreo subsiguiente. *Rev Argent Prod Anim.* 2010;30(2):131-41.

6. Simeone A, Beretta V, Elizalde JC, Cortazzo D, Viera G. The impact of winter calf feedlot management on spring grazing performance. In: Proceedings of the Australian Society of Animal Production; 2010.

7. Pordomingo AJ, Volpi Lagreca G, Miranda A, García Pilar T, Grigioni G, Kugler N. Efecto del nivel de fibra de dietas de recría a corral sobre el ritmo de engorde y parámetros de calidad de carne de vaquillonas Angus. En: Boletín de divulgación técnica; 2005. 88:83-8.

8. Casamiglia SW, Cardozo PW, Ferret A, Bach A. Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH. *J Anim Sci.* 2008;86:702-11.
9. Rotger A, Ferret A, Calsamiglia S, Manteca X. Changes in ruminal fermentation and protein degradation in growing Holstein heifers from 80 to 250 kg fed high-concentrate diets with different forage-to-concentrate ratios. *J Anim Sci.* 2010;83:1616-24.
10. Bevans DW, Beauchemin KA, Mckinnon JJ, Mcallister TA. Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. *J Anim Sci.* 2005;83(5):1116-32.
11. Brown MS, Ponce CH, Pulikanti R. Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets: Performance and ruminal metabolism. *J Anim Sci.* 2006;84:25-33.
12. Pordomingo AJ, Volpi Lagreca G, Pordomingo AB, Stefanazzi IN, Eleva SG, Otermin MD. Efecto de la dieta de recría a corral sobre el aumento de peso en confinamiento y en el pastoreo subsiguiente de vaquillonas para carne. *Rev Argent Prod Anim.* 2007;27(supl. 1):1-111.
13. Pordomingo A, Jonas O, Adra M, Juan NA, Azcárate MP. Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, para engorde de bovinos a corral. *Rev Investig Agropecu.* 2002;31(1):1-22.
14. Arelovich HM, Bravo RD, Martínez MF, Amelia M. Recría de bovinos de carne con dietas basadas en granos de maíz o avena pelletizados. *Rev Argent Prod Anim.* 2012;32(2):125-34.
15. García Berreta E, Oneto Martínez L. Avena grano entero como fuente de fibra efectiva en dietas de corral para terneros [tesis de grado]. Montevideo: Universidad de la República (Uruguay), Facultad de Agronomía; 2017.
16. National Research Council. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle.* 6th ed. Washington, DC: National Academy of Sciences; 1989.
17. National Research Council. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000.* Washington, DC: National Academy of Sciences; 2000. <https://doi.org/10.17226/9791>

18. Beretta V, Simeone A, Baldi F. Spring grazing management of steers and calves on a mixed grass–legume pasture. In: Proceedings of the 9th World Animal Production Conference; 2003. p. 68.
19. Haydock KP, Shaw NH. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Aust J Exp Agric*; 1975;15:663-70.
20. Leborgne R. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros. Montevideo: Hemisferio Sur; 1984. 54 p.
21. Mattiauda DA, Tamminga S, Gibb MJ, Soca P, Bentancur O, Chilbroste P. Restricting access time at pasture and time of grazing allocation for Holstein dairy cows: Ingestive behaviour, dry matter intake and milk production. *Livest Sci*. 2013;(152): 53-62.
22. AOAC International. Official methods of analysis. 19th ed. Gaithersburg, MD: AOAC International; 2012.
23. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci*. 1991;74:3583-97. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
24. Tejada de Hernández I. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. México, DF: Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México; 1985. 387 p.
25. Van Keulen J, Young BA. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J Anim Sci*. 1977;44:282-7.
26. Heinrichs J, Kononoff P. Evaluando el tamaño de partícula de forrajes y RTMs usando el nuevo separador de partículas de forraje de Penn State. Old Mine, University Park, PA: Pennsylvania State University; 2008. 16 p.
27. Zebeli Q, Dijkstra J, Tafaj M, Steingass H, Ametaj BN, Drochner W. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *J Dairy Sci*. 2008;91:2046-66.
28. Macoon B, Sollenberger LE, Moore JE, Staples CR, Fike JH, Portier KM. Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *J Anim Sci*. 2003;81:2357-66. <https://doi.org/10.2527/2003.8192357x>

29. Streeter CL. A review of techniques used to estimate the in vivo digestibility of grazed forage. *J Anim Sci.* 1969;29:757-68.
30. Cordova FJ, Wallace JD, Pieper RD. Forage intake by grazing livestock: a review. *J Range Manag.* 1978;31(6):430. <https://doi.org/10.2307/3897201>
31. Agricultural and Food Research Council. Energy and Protein Requirements of Ruminants. CAB Intern. Wallingford, UK; 1993.
32. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. Feeding standards for Australian livestock: ruminants. Melbourne, Australia: Standing Committee on Agriculture, CSIRO Publications; 1990. 266 p. ISBN 0643051090.
33. Orskov ER, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J Agric Sci.* 1979;92(2):499-503. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>
34. Minson DJ. Forage in ruminant nutrition. San Diego: Academic Press; 1990. 483 p.
35. Poppi DP, McLennan SR. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J Anim Sci.* 1995;73(1):278-90.
36. Hodgson J. Grazing management: Science into practice. Longman Scientific & Technical; 1990.
37. Mertens DR. Measuring fiber and its effectiveness in ruminants diets. Plains Nutrition Council Spring Conference; 2002; Madison, Wisconsin. Proceedings. San Antonio, Texas: Texas A&M; 2002. p. 40-66.
38. Mertens D. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J Dairy Sci.* 1997;80(7):1463-79.
39. Defoor PJ, Galyean ML, Saylor GB, Nunnery GA, Pearsons CH. Effects of roughage source and concentration on intake and performance by finishing heifers. *J Anim Sci.* 2002;80:1395-404.
40. Di Marco ON. Crecimiento de vacunos para carne. Balcarce, AR: El Autor; 1998. 246 p. ISBN 950-43-9805-7.
41. Algorta M, Iruleguy G, López I. Evaluación del uso de comederos de autoconsumo para la suplementación invernal de terneros en condiciones de oferta

contrastante [tesis]. Montevideo: Universidad de la República (Uruguay), Facultad de Agronomía; 2015.

42. Berriel F, Coronel L, Cumbay M. La utilización de raigrás (*Lolium multiflorum* cv. Jack) en la alimentación de terneros: Efecto de la oferta de forraje sobre el crecimiento, comportamiento animal y utilización de la pastura [tesis]. Montevideo: Universidad de la República (Uruguay), Facultad de Agronomía; 2024.

43. Ceconi I, Davies P, Méndez DG, Elizalde JC, Buffarini MA. El nivel de engrasamiento inicial y la ganancia de peso durante la recría a corral afectan los resultados físicos y económicos del proceso de invernada. *Rev Argentina Prod Anim.* 2010;30:51-68.

44. Pordomingo AJ, Grigioni G, Carduza F, Volpi Lagreca G. Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: I. Animal performance, carcass and meat quality. *Meat Sci.* 2012;90:939-46. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.036>

45. Rossengourt B. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: quinta contribución. Montevideo, Uruguay: Editora Rosgal; 1946. 186 p.

46. Sniffen CJ, Beverly RW, Mooney CS, Roe MB, Skidmore AL, Black JR. Nutrient requirements versus supply in the dairy cow: strategies to account for variability. *J Dairy Sci.* 1993;76:3160-78.

47. Buxton DR, Mertens DR, Moore KJ. Forage Quality for ruminants: Plant and animal considerations. *Prof Anim Sci.* 1995;11:121-31. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)32575-4](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)32575-4)

48. Allen MS. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 2000;83:1598-624.

49. Parra VF, Riffel SL, Elizalde JC. Estrategias de inclusión del corral en los sistemas ganaderos de la Argentina. Argentina. Capital Federal, Argentina: Gráfica Máxima; 2006. 179 p. ISBN 987-05-0366-7.

50. Owens FN, Gill DR, Secrist DS, Coleman SW. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *J Anim Sci.* 1995;73:3152-72.

51. Owens FN, Dubeski P, Hanson CF. Factors that alter the growth and development of ruminants. *J Anim Sci.* 1993;71:3138-51.  
<https://doi.org/10.2527/1993.71113138x>

### **3. Efecto del nivel de oferta de alimento en la recría a corral sobre el crecimiento animal y la eficiencia de conversión en el período invierno-primavera**

**Zabalveytia, Natalia<sup>1</sup>; Simeone, Alvaro<sup>1</sup>; Bentancur, Oscar<sup>1</sup>; Burjel, María Victoria<sup>1</sup>; Beretta, Virginia<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Ruta 3 km 363, Paysandú, Uruguay.*

#### **Effect of feeding level during feedlot back-grounding on animal growth and feed efficiency of the winter-spring period**

**Abstract.** The present evaluated the effect of feedlot feeding system and the amount of feed offered (OF) on average daily gain (ADG) and feed efficiency (FE) during the winter-spring season (182 days) in a calf rearing system. Forty Hereford heifers (159 ± 25 kg) were randomly assigned to one of five treatments during winter (98 days): winter grass pasture a rate of 5 kg of dry matter (DM) per 100 kg liveweight (LW) and four total mixed rations with 30 % of roughage fed in a feedlot, differing in OF (2,2 %, 2,5 %, 2,9 % and 3,2 % LW on a dry matter basis). During spring (84 days), all treatments grazed a mixed pasture (6 kg DM /100 kg LW) in weekly plots, with independent plots per repetition (n=2 plots/treatment). The experiment was analyzed as a completely randomized design, using orthogonal contrasts to compare the effect of feeding system: feedlot (SAC) vs. grazing (SAP) and the effect of OF during winter in SAC. At the end of the feedlot period (first fourteen days), SAC treatments reported weight loss compared to SAP (-0,46 vs. 0,44 kg/day, P < 0,001), and this weight loss was also associated with OF (P= 0,0195). However, during the whole winter-spring period, SAC showed a greater ADG compared to SAP (0,68 vs. 0,55 kg/day, P= 0,001) and a better FE (10,7 vs. 9,65 kg DM/kg LW, P ≤ 0,05). In SAC, ADG increased with OF (P = 0,02), but no significant differences were found in FE (P > 0,05). An *ad libitum* feedlot feeding system results in greater body weight at the end of spring.

**Key words:** beef cattle, confinement, feed conversion ratio, feed restriction, transition period.

## **Efecto del nivel de oferta de alimento en la recría a corral sobre el crecimiento animal y la eficiencia de conversión en el período invierno-primavera**

**Resumen:** Se evaluó el efecto de la alimentación a corral de terneros y del nivel de oferta de alimento (OA) sobre la ganancia diaria (GMD) y la eficiencia de conversión (EC) del alimento durante el período invierno-primavera (182 días). Cuarenta terneras Hereford ( $159 \pm 25$  kg) fueron asignadas al azar a cinco tratamientos durante el invierno (98 d): pastoreo de verdes a razón de 5 kg de materia seca (MS) cada 100 kg peso vivo (PV) y cuatro raciones totalmente mezcladas con 30 % de voluminoso suministradas a corral que diferían en la OA (2,2 %, 2,5 %, 2,9 % y 3,2 % del PV en base seca). En primavera (84 d), todos los tratamientos pastorearon una pradera mezcla (6 kg MS/100 kg PV), en parcelas semanales, independientes por repetición ( $n = 2$  parcelas/tratamiento). El experimento se analizó según un diseño completamente al azar, utilizando contrastes ortogonales para comparar el efecto del sistema de alimentación: corral (SAC) vs. pastoreo (SAP) y el efecto asociado a la OA durante el invierno en SAC. A la salida del corral (primeros catorce días), los SAC reportaron pérdidas de peso respecto a SAP (-0,46 vs. 0,44 kg/día,  $P < 0,001$ ), también asociadas a la OA ( $P = 0,0195$ ). Sin embargo, en el período invierno-primavera, SAC presentó mayores GMD respecto a SAP (0,68 vs. 0,55 kg/día,  $P = 0,001$ ) y una mejor EC (10,7 vs. 9,65 kg MS/kg PV,  $P \leq 0,05$ ). En SAC, la GMD incrementó con la OA ( $P = 0,02$ ), pero no se encontraron diferencias significativas en la EC ( $P > 0,05$ ). La alimentación a corral *ad libitum* determina mayores pesos a fines de primavera.

**Palabras claves:** confinamiento, eficiencia de uso del alimento, ganado vacuno, período de transición, restricción del consumo.

**Efeito do nível de oferta de alimento no confinamento sobre o crescimento animal e a eficiência de conversão no período inverno-primavera**

**Resumo:** Foi avaliado o efeito da alimentação de bezerros confinados e do nível de oferta de alimento (OA) no ganho diário de peso (GMD) e eficiência de conversão (EC) durante o período inverno-primavera (182 dias). Quarenta bezerras Hereford ( $159 \pm 25$  kg) foram aleatoriamente designadas para cinco tratamentos durante inverno (98 dias): pastagem de inverno com 5 kg de matéria seca (MS) cada 100 kg de peso vivo (PV) e quatro rações totalmente misturadas (30 % volumoso) fornecidas em confinamento, diferindo na OA (2,2 %, 2,5 %, 2,9 % e 3,2 % PV em base seca). Na primavera (84 dias), todos os tratamentos pastejaram (6 kg MS/100 kg PV), em parcelas semanais, independentes por repetição ( $n = 2$  parcelas/tratamento). O experimento foi analisado usando um delineamento completamente ao acaso, utilizando contrastes ortogonais para comparar o efeito do sistema de alimentação: confinamento (SAC) vs. pastagem (SAP) e o efeito associado à OA no inverno em SAC. Na saída do confinamento (primeiro quatorze dias), os animais no SAC apresentaram perda de peso em comparação com o SAP (-0,46 vs. 0,44 kg/dia,  $P < 0,001$ ). No SAC, essa redução foi associada à OA ( $P = 0,0195$ ). No período inverno-primavera, o SAC apresentou maior GMD em relação ao SAP (0,68 vs. 0,55 kg/dia,  $P = 0,001$ ) e melhor EC (10,7 vs. 9,65 kg MS/kg PV,  $P \leq 0,05$ ). No SAC, o GMD aumentou com a OA ( $P = 0,02$ ), embora não tenham sido encontradas diferenças significativas na EC ( $P > 0,05$ ). A alimentação *ad libitum* em confinamento resulta em pesos mais altos no final da primavera.

**Palavras-chave:** confinamento, eficiência de uso alimentar, gado de corte, período de transição, restrição alimentar.

### **3.1. Introducción**

En Uruguay, la ganadería vacuna se desarrolla principalmente sobre sistemas pastoriles. Sin embargo, la producción es limitada, debido al marcado déficit invernal de las pasturas naturales. En los últimos años, la alimentación a corral ha sido utilizada como una estrategia de alimentación complementaria que permite compensar la baja oferta forrajera del invierno. Tradicionalmente, los corrales han estado orientados al engorde de novillos; sin embargo, en la actualidad también se empezaron a incluir categorías más eficientes en la conversión del alimento en carne, como los son los terneros de destete precoz o de recría.

El corral invernal de terneros es una estrategia que busca incrementar el desempeño animal. Esta técnica permite alcanzar ganancias promedio de 1 kg/día y aprovecha la alta eficiencia biológica de los animales jóvenes. (Ceconi et al., 2010, 2022; Simeone y Beretta, 2008). La inserción del corral en los sistemas pastoriles posibilita mantener la carga necesaria durante el invierno para aprovechar el pico de producción de forraje de las pasturas en primavera, aspecto que se relaciona con una mejora en la producción de carne vacuna (Parra et al., 2006; Simeone et al., 2013). Por otra parte, la mejora en la curva de crecimiento del animal durante la fase de recría, dada las altas ganancias obtenidas, mejoraría la eficiencia global del sistema mediante una reducción en la edad de entore y a la faena (Baldi et al., 2010; Brito et al., 2005; Simeone y Beretta, 2006). Sin embargo, la alternancia de alimentación corral-pasto que propone este manejo podría condicionar la respuesta productiva de los terneros en pastoreo una vez que salen del corral. Existen antecedentes que mencionan un posible efecto residual negativo del corral de invierno sobre el desarrollo posterior del ternero a pasto en la primavera; no obstante, no se ha encontrado consistencia en cuanto a cuál es la causa, la intensidad y la duración del efecto (Baldi et al., 2010; Pordomingo et al., 2010; Simeone et al., 2010). Se ha reportado una asociación negativa entre la ganancia diaria y el nivel de engrasamiento obtenidos en el corral de invierno y la ganancia diaria posterior a pasto. En este contexto, se plantea que la ganancia óptima en el corral que maximiza la ganancia a pasto estaría entre 0,80 y 1,00 kg/día. (Ceconi et al., 2022; Ceconi y Elizalde, 2008; Parra et al., 2006; Pordomingo et al., 2010;

Simeone et al., 2010). Elevadas ganancias de peso obtenidas en el confinamiento podrían determinar mayor grasa corporal y mayores requerimientos energéticos para ganancia de peso vivo; al mismo tiempo, animales más pesados tendrían mayores requerimientos diarios de energía para mantenimiento, lo que podría dificultar la obtención de altas ganancias a pasto una vez que salen del corral en la primavera (Beretta et al., 2016; Ceconi y Elizalde, 2008; Pordomingo et al., 2010).

En el confinamiento, el uso de dietas con alto nivel de fibra de buena calidad generaría ganancias moderadas y podría mantener un ambiente ruminal que se adapte más rápidamente al cambio de dieta, lo que mitigaría la depresión inicial poscorral (Pordomingo et al., 2005, 2007). La restricción del consumo voluntario durante la etapa de corral es otra estrategia utilizada para manejar los perfiles de ganancias diarias y el nivel de engrasamiento (Ceconi et al., 2010; Pordomingo et al., 2012). Sin embargo, según el grado de restricción, podría mejorar o empeorar la eficiencia de conversión de alimento (Ebert et al., 2020; Galyean, 1999; Hicks et al., 1990; Pordomingo et al., 2010). Algunos trabajos reportan que dietas concentradas, pero con alimentación restrictiva, podrían generar menor carga acidificante, lo que permitiría mantener un ambiente ruminal y un metabolismo digestivo más adaptado al cambio brusco de dieta (Ceconi et al., 2010; Pordomingo et al., 2012). Sin embargo, los trabajos son escasos y no incluyen un testigo en pastoreo durante la etapa invernal y tampoco indican cuáles son las estrategias de alimentación que mejor combinan las eficiencias de conversión del alimento obtenidas en la fase de corral y de pastoreo, respectivamente.

Este trabajo se realizó con el objetivo de cuantificar el efecto de la alimentación a corral de terneros durante invierno y del nivel de oferta de alimento utilizado en el corral sobre la ganancia de peso y eficiencia de conversión global durante el período invierno-primavera. La hipótesis planteada es que la alimentación a corral de terneros durante invierno con posterior pastoreo en primavera mejora el peso a fin de primavera y la eficiencia de conversión global del alimento respecto a la alimentación exclusivamente en pastoreo. Esta respuesta estará condicionada por el nivel de oferta de alimento durante la fase de alimentación a corral.

### **3.2. Materiales y métodos**

El trabajo fue realizado en la Estación Experimental M. A. Cassinoni (32° 23' S, 58° 02' O), Uruguay, abarcando un período experimental de 182 días durante las estaciones de invierno (19/6 al 25/9/2018: 98 días) y primavera (25/9 al 18/12/2018: 84 días). El protocolo experimental fue aprobado por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal de la Universidad de la República, Uruguay (expediente n.º 021130-001649-17).

#### **3.2.1. Animales, tratamientos y manejo**

Fueron utilizadas cuarenta terneras Hereford ( $159 \pm 25$  kg), provenientes del rodeo experimental, nacidas de partos de la primavera anterior. A inicio de invierno, los animales se asignaron de manera aleatoria, previa estratificación por peso vivo (PV), a diez grupos y estos se sortearon a cinco tratamientos: cuatro tratamientos recibieron en confinamiento una ración totalmente mezclada (30 % voluminoso y 70 % concentrado), con diferentes niveles de oferta de alimento (2,2 %, 2,5 %, 2,9 % y 3,2 % en base seca, que correspondían respectivamente al 70 %, 80 %, 90 % y 100 % de la oferta *ad libitum*); y un tratamiento testigo que pastoreó un verdeo mezcla de avena (*Avena byzantina*) y raigrás (*Lolium multiflorum*), manejado con una oferta de forraje (OF) de 5 kg MS/100 kg peso vivo (tabla 1).

**Tabla 1.** Composición de ingredientes y química de la dieta ofrecida en invierno para los diferentes sistemas de alimentación invernal (corral, SAC vs. pasto, SAP) y niveles de oferta de alimento en la etapa de corral (2,2 %, 2,5 %, 2,9 % y 3,2 % del peso vivo).

<i>Alimento ofrecido</i> (% base seca)	<b>Tratamientos</b>	
	<b>SAP</b>	<b>SAC</b>
Verdeo de avena y raigrás	100	-
Heno de moha picado	-	30
Concentrado <sup>1</sup>	-	70
<b><i>Composición química en invierno</i> (% base seca)</b>		
Materia seca (MS), % base fresca	18,6	88,8
Proteína cruda (PC)	11,4	17,0
Fibra detergente neutro (FDN)	54,6	42,4
Fibra detergente ácida (FDA)	28,6	19,2
Cenizas (C)	11,5	7,6
Digestibilidad de la MS (DMS) <sup>2</sup> , %	66,6	74,0
Energía metabolizable (EM) <sup>3</sup> Mcal/kg MS	2,4	2,7

<sup>1</sup>Ración comercial: 20,7 % PC; 28,9 % FDN; 9,1 % FDA; 1,4 % extracto etéreo; 6,5 % C.

<sup>2</sup> DMS (%) = 88,9 - (0,779 % FDA) (National Research Council, 1989).

<sup>3</sup> EM = DMS\*3,60 (National Research Council, 2000).

Al finalizar la etapa de alimentación en invierno (98 días), todos los tratamientos pasaron a pastorear de forma abrupta una pradera mixta de tercer año compuesta por *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y *Festuca arundinacea* (tabla 2) durante la primavera (84 días). Se realizó el pastoreo en franjas de siete días de ocupación, con una OF no limitante de 6 kg MS/100 kg PV (Beretta et al., 2003). Semanalmente, se ajustó la OF de acuerdo con la biomasa de materia seca (MS) de forraje disponible y el PV promedio por unidad experimental. El área de pastura ofrecida se modificó en función de estos parámetros.

**Tabla 2.** Composición química de la pradera ofrecida en el período de primavera para los diferentes sistemas de alimentación invernal (corral, SAC vs. pasto, SAP) y niveles de oferta de alimento en la etapa de corral (2,2 %, 2,5 %, 2,9 % y 3,2 % del peso vivo).

<i>Composición química</i>	<b>Tratamientos</b>				
	<b>SAP</b>	<b>SAC (kg MS/ 100 kg PV)</b>			
		<b>Pasto</b>	<b>2.20</b>	<b>2.50</b>	<b>2.90</b>
Materia seca (MS), %	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1
Proteína cruda, %	15,1	15,0	15,1	15,1	14,9
Fibra detergente neutro, %	49,2	49,6	49,6	49,6	49,7
Fibra detergente ácida, %	27,8	27,9	28,1	28,2	28,2
Cenizas, %	10,1	10,1	10,1	10,0	10,1
Digestibilidad de la MS (DMS), %	67,8	70,8	69,0	74,0	78,0
Energía Metabolizable (EM) <sup>1</sup> , Mcal/kg MS	2,5	2,6	2,5	2,7	2,8

<sup>1</sup> EM = DMS\*3,60 (National Research Council, 2000).

### **3.2.2. Registros, mediciones, muestreos y cálculo de variables**

Se pesaron los animales a inicio del experimento y cada catorce días, de forma individual, con una balanza electrónica de precisión de  $\pm 0,5$  kg. En la etapa de pastoreo (invierno y primavera), los animales se pesaron con ayuno previo de doce horas, mientras que en los animales de corral (invierno) el peso se registró sin ayuno previo, siempre por la mañana, antes del suministro de la primera comida. A fin de invierno y a fin de primavera, se determinó por ultrasonido, entre la 12.<sup>a</sup> y 13.<sup>a</sup> costilla, el área de ojo de bife (AOB) y espesor de grasa dorsal (EGD) subcutánea mediante el sistema de BioSoft ToolBox II (Biotronics Inc.; Ames, IA, EE. UU.).

En el corral de invierno, diariamente se midió por repetición la cantidad de MS ofrecida y la rechazada, de la que luego se descartó el residuo. Semanalmente se tomaron muestra del alimento ofrecido (ración, heno) y de rechazo para cuantificar el contenido de MS y realizar análisis químicos. En condiciones de pastoreo, cada quince días durante el invierno y semanalmente en primavera se midió la biomasa de forraje disponible (FD) y el forraje residual (FR), mediante la técnica de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975), y se utilizó una escala de tres puntos con dos repeticiones,

evaluándose la pastura en cien puntos al azar/parcela. La altura de la pastura se midió con una regla en cinco puntos de la diagonal de cada cuadro de la escala, y se registró el punto de contacto con la hoja viva más alta sin extender. Se corrigieron los valores de biomasa disponible por tasa de crecimiento (Leborgne, 1984).

En la primavera, se realizaron mediciones concentradas, con pastoreos en franjas diarias, durante una semana a inicio (días 98 al 104 y 112 al 118), mitad (días 126 al 132) y fin de la estación (días 168 al 174). Durante tres días consecutivos de cada semana de medición, se realizó recolección parcial de heces (Couto et al., 2019). Las muestras de heces fueron tomadas para cada parcela (quinientos gramos por día, recolectados directamente del suelo al momento de cada animal defecar), variando cada día el horario de muestreo de forma de cubrir la variación diaria en la excreción (primer día en la mañana, el siguiente al mediodía y por último en la tarde). Luego de recolectadas las heces, se pesaron en fresco y se congelaron para su conservación. Paralelamente, se tomaron muestras del forraje consumido para cada semana de medición y en cada parcela mediante la técnica de *hand clipping*, simulando el pastoreo en un área adyacente a la parcela (Mattiauda et al., 2013).

Con base en los registros y mediciones, se calcularon algunas variables considerando la estación de invierno el período de 0 a 98 días; primavera, el período de 98 a 182 días, y el período invierno-primavera, de 0 a 182 días.

Para los períodos de invierno, primavera e invierno-primavera, se calculó la ganancia media diaria (GMD) con base en los coeficientes de regresión del PV en función del tiempo. En invierno, en los tratamientos de corral, se estimó el peso vivo vacío, para esto se corrigió el peso lleno con un destare de 4 % (National Research Council, 1989).

Se calculó el consumo de materia seca (CMS) durante el invierno en el corral como la diferencia entre la cantidad de MS ofrecida y la rechazada, corregido según el contenido de MS en muestras tomadas semanalmente. Por otro lado, el CMS de forraje en pastoreo (expresado en kg/100 kg de peso vivo) se estimó en cada parcela como el producto entre la OF y la utilización del forraje (Macon et al., 2003). Se calculó la UF como  $UF (\%) = ((FD - FR) / FD) * 100$ . El CMS del período invierno-primavera

fue estimado ponderando el CMS de invierno y primavera por la duración de cada período.

Se estimó la digestibilidad de la materia seca (DMS) durante el invierno a partir de la concentración de FDA en el alimento (National Research Council, 1989)  $DMS (\%) = 88,9 - (0,779 \% FDA)$ , mientras que, en primavera, la DMS aparente se determinó *in vivo* utilizando el contenido de cenizas insolubles en ácido como marcador interno determinado en heces y en el forraje consumido (Van Keulen y Young, 1977). La energía metabolizable de la dieta (EM) fue cuantificada mediante la ecuación  $EM (\text{Mcal/kg MS}) = DMS * 3,60$  (National Research Council, 2000). Luego se calculó el consumo de energía metabolizable (CEM) como el producto entre CMS promedio para cada período y la concentración de EM de cada dieta.

Con base en el peso promedio vacío de cada estación, se estimaron los requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento (REMm) para el período de invierno y primavera, considerando el metabolismo basal y actividad básica (Agricultural Food and Research Council, 1993), y para animales en pastoreo, la actividad de cosecha (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, 1990).

Se calculó la eficiencia de conversión del alimento (EC) para invierno y primavera como el cociente entre consumo diario de materia seca (tanto de forraje como de ración) y la ganancia media diaria de peso vivo. Por otro lado, la eficiencia de conversión global, la cual considera el período invierno-primavera en su conjunto, se calculó con base en el consumo de materia seca global promedio diario, y la ganancia media diaria obtenida, como la pendiente de PV en el período de 0 a 182 días.

### **3.2.3. Análisis químicos**

Las muestras de alimento (forraje ofrecido, forraje consumido en primavera, ración y heno de moha) se secaron en una estufa de aire forzado (60 °C) por 48 h, hasta peso constante. En las muestras de heces (previamente descongeladas en 24 h al aire libre) se realizó una submuestra (500 g en base fresca) por parcela y por periodo, la cual se secó en la estufa por 168 h. Las muestras se molieron individualmente a 2 mm

en un molino a martillo (Wiley *mill*) y fueron conservadas para posterior análisis químico.

Para el análisis químico, se realizó una muestra compuesta por repetición para el alimento ofrecido en el corral, forraje disponible, forraje consumido y de heces. Sobre las muestras de alimento ofrecido en el corral y el forraje disponible se determinó proteína cruda (PC) (AOAC, 2012; método 984.13), cenizas (AOAC, 2012; método 942.05), fibra detergente neutro (FDN) con amilasa y corregida por cenizas (Van Soest et al., 1991) y fibra de detergente ácido (FDA) corregida por el contenido de cenizas (Van Soest et al., 1991); los análisis de fibra fueron determinados de forma secuencial con tecnología Ankom (Fiber Analyzer 200). En las muestras de heces y forraje consumido se determinó la concentración de cenizas (AOAC, 2012; método 942.05) y cenizas insolubles en ácido (Tejada de Hernández, 1985).

#### **3.2.4. Análisis estadístico**

El experimento fue analizado mediante modelos lineales correspondientes a un diseño completamente al azar, considerando como unidad experimental el conjunto de animales por parcela (cuatro animales/parcela) con dos repeticiones por tratamiento. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete de programas de SAS Systems (v. 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC). Las ganancias diarias de peso vivo se analizaron mediante el procedimiento MIXED, basado en un modelo lineal mixto de heterogeneidad de pendientes de peso vivo en función del tiempo. Se consideró la autocorrelación entre las medias repetidas de peso vivo y se utilizó el peso vivo de inicio de invierno como covariable. Las variables CMS (expresado tanto en kg/día como en relación con su peso), AOB, EGD, DMS, CEM, REMm, EC y peso vivo al fin de cada estación se analizaron con el procedimiento MIXED en base a un modelo lineal general que incluyó el efecto del tratamiento.

Las diferencias entre tratamientos se analizaron mediante contrastes ortogonales diseñados para determinar el efecto del sistema de alimentación de invierno (corral, SAC vs. pasto, SAP). A su vez, en los tratamientos de SAC, cuando el efecto de tratamiento fue significativo, se analizó la significancia del efecto lineal y cuadrático

asociado al nivel de oferta de alimento. Se consideró un efecto estadísticamente significativo cuando la probabilidad de error tipo I fue menor al 5 %.

### **3.3. Resultados y discusión**

Los resultados del efecto de tratamiento sobre la ganancia de peso, consumo, composición corporal y eficiencia de conversión se presentarán de forma independiente para cada período analizado.

#### **3.3.1. Invierno**

Durante el invierno, el pastoreo se caracterizó por presentar una disponibilidad de forraje promedio de  $3264 \pm 786$  kg MS/ha, con una altura de ingreso de  $47,66 \pm 15,35$  cm y una altura residual de  $23,14 \pm 6,54$  cm. Por otro lado, la utilización de forraje para ese período fue de  $42,41 \pm 16,65$  %. Los valores de disponibilidad de forraje y calidad de la pastura (tabla 1) podrían indicar que el consumo de este no estuvo limitado por estas variables (Allison, 1985; Hodgson, 1990; Minson, 1990; Orskov, 1979; Poppi y McLennan, 1995). Al mismo tiempo, durante la etapa de corral, las dietas suministradas fueron isoproteicas, con valores de PC de 17 % (tabla 1).

Cuando se analizan los CMS (tabla 3), se observa que los animales provenientes del SAP presentaron menor consumo respecto al SAC (3,79 vs. 5,36 kg/d,  $P = 0,0003$ ), tanto en kg/día como en relación con su peso. A su vez, en el corral, el CMS (kg/d) aumentó linealmente con el nivel de oferta de alimento ( $P < 0,0001$ ). Similar respuesta se observó con el CEM donde SAC superó en 57 % a SAP (14,29 vs. 9,10 Mcal/d;  $P = 0,0011$ ).

Se observó una respuesta inversa para los REMm, siendo inferiores en SAC respecto a SAP (6,95 vs. 7,61, Mcal/día,  $P < 0,0001$ ). En condiciones de pastoreo, los REMm incrementaron, debido a la actividad de pastoreo (13 % de los REMm).

**Tabla 3.** Efecto del sistema de alimentación invernal (corral, SAC vs. pasto, SAP) y del nivel de oferta de alimento durante la etapa de corral (2,2 %, 2,5 %, 2,9 % y 3,2 % del peso vivo en base seca) sobre el consumo, requerimiento de mantenimiento, desempeño animal, composición corporal y eficiencia de conversión (promedios período invernal, 1 a 98 días).

	Tratamientos en invierno						Contrastes		
	SAP	SAC (kg MS/kg PV)				EE	(P valor) <sup>1</sup>		
	Pasto	2,20	2,50	2,90	3,20		SAC vs. SAP	Lin	Cuad
CMS, kg/día	3,8	4,2	4,7	5,9	6,6	0,16	***	***	0,49
CMS, % PV	2,1	2,1	2,4	2,7	3,0	0,02	***	***	0,33
CEM, Mcal/día	9,1	11,2	12,6	15,7	17,7	0,42	*	*	0,49
REMc, Mcal/día	7,6	6,3	6,2	6,7	6,8	0,12	*	**	0,39
GMD I, kg/día	0,59	0,87	1,01	1,17	1,25	0,04	***	***	0,41
PV día 98, kg	214,9	245,8	263,5	275,0	282,4	3,54	***	***	0,15
EGD día 98, mm	2,3	2,1	2,2	3,9	3,7	0,43	0,19	*	0,74
AOB día 98, cm <sup>2</sup>	39,4	47,7	46,7	49,0	52,7	1,93	**	0,09	0,27
EC, kg MS/kg PV	6,4	4,8	4,6	5,0	5,3	0,14	***	*	0,12

<sup>1</sup> Significancia del efecto lineal (Lin) y cuadrático (Cuad) asociado al nivel de oferta en el corral. \*(p ≤ 0,05), \*\*(p ≤ 0,01), \*\*\*(p ≤ 0,001).

EE: error estándar; CMS: consumo de materia seca; CEM: consumo de energía metabolizable; REMc: requerimiento de energía metabolizable para mantenimiento; EGD: espesor de grasa dorsal; AOB: área de ojo de bife; GMD I: ganancia media diaria invernal; PV fin I: peso vivo fin de invierno; EC: eficiencia de conversión del alimento.

La GMD fue menor en SAP respecto a SAC (0,59 vs. 1,08 kg/d, P < 0,001). En el corral, se generaron diferentes ritmos de ganancia de peso, reflejando incrementos lineales de GMD con el aumento de oferta de alimento (P < 0,0001). Si bien, en el corral, el aumento de oferta de alimento determinó incrementos lineales en los REMc (P < 0,0001), estos fueron acompañados, en una mayor proporción, por aumentos lineales en el CEM (P < 0,0001). En este sentido, los mayores niveles de oferta de alimento determinaron mayor disponibilidad de EM consumida para ganancia de peso

y, por tanto, los animales alimentados *ad libitum* presentaron mejor desempeño individual.

Como consecuencia de estas diferencias, el peso alcanzado a fin de invierno fue 24 % superior en los tratamientos del SAC respecto a SAP (267 vs. 215 kg,  $P = 0,0001$ ); dentro del SAC, los animales *ad libitum* obtuvieron mayor peso a fin de corral (282 kg,  $P < 0,0001$ ). Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con los datos reportados por otros autores en relación con el desempeño individual del testigo a pasto (Algorta et al., 2015; Berriel et al., 2024) y con los tratamientos sometidos a una alimentación a corral, siendo consistente en estos últimos que restricciones en el consumo podrían generar diferentes ritmos de ganancias diarias (Ceconi et al., 2010; National Research Council, 2001; Pordomingo et al., 2010).

Analizando el EGD y AOB como estimadores de las diferencias en la deposición de grasa de los tratamientos, se observa que la alimentación a corral (SAC) generó un incremento de 24 % en el AOB respecto a SAP ( $P < 0,001$ ), pero no se encontraron diferencias significativas para el EGD ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, en SAC, a medida que se incrementó la oferta de alimento, aumentó el EGD ( $P < 0,05$ ) y, si bien no se encontraron diferencias significativas, se observó una tendencia similar para el AOB ( $P = 0,092$ ). Los distintos planos nutricionales (SAP vs. SAC) determinaron grandes diferencias a fin de invierno en cuanto al peso vivo y el nivel de engrasamiento. Similares resultados en términos de desempeño animal a corral fueron obtenidos por Ceconi et al. (2010) cuando evaluaron diferentes niveles de consumo (2,2 %, 2,7 % y 3,2 % PV) utilizando una dieta con mayor nivel de voluminoso (42,8 % silo planta entera) y menor concentración energética (2,62 Mcal/kg MS). Los autores reportan que los animales que consumieron sin restricción presentaron mayores ganancias de peso respecto a los restringidos (1,18, 1,00 y 0,73 kg/día para los tratamientos 100 %, 85 % y 70 %, respectivamente). Sin embargo, los resultados difieren en cuanto al nivel de engrasamiento para los animales livianos, donde las diferencias en el nivel de engrasamiento solamente se generaron con altos consumos (de 85 % a 100 %) y altas tasas de ganancia (de 1,00 a 1,18 kg/día).

La EC difirió estadísticamente entre los tratamientos, siendo el SAC 30 % más eficiente que SAP (4,93 vs. 6,42,  $P = 0,0003$ ). En SAC, las restricciones de oferta de

alimento mejoraron positivamente a la EC ( $P = 0,0278$ ), siendo de 6 %, 15 % y 10 %, respectivamente, para restricciones del 90 %, 80 % y 70 % de la oferta *ad libitum*. En este sentido, por cada punto de restricción de la oferta *ad libitum*, la cantidad de alimento necesario para incrementar cada kilo de peso vivo disminuyó 0,019 kg MS. Similares resultados de mejora en la EC se encontraron cuando el consumo *ad libitum* fue restringido entre un 15 % y 30 % (Ceconi et al., 2010; Galyean, 1999; Sainz, 1995). Sin embargo, cuando la restricción del consumo se realiza en mayor magnitud (hasta un 50 % del *ad libitum*), Pordomingo et al. (2012) reportan no encontrar diferencias significativas en la EC, ya que los cambios en los consumos evaluados (entre el 1,6 % al 3 % PV) fueron acompañados por similares ajustes en la ganancia de peso, utilizando una dieta a corral sin fibra larga (70,5 % maíz entero). Di Marco (1998) hace referencia a que el consumo máximo de alimento puede no corresponder a la máxima eficiencia alimentaria, debido a que, si bien el incremento de la oferta de alimento determina mayor tasa de ganancia, esta tiende a aumentar de manera decreciente. El incremento en la ganancia media diaria determina mayor deposición de grasa. Por lo tanto, al aumentar la proporción de tejido graso depositado —el cual tiene un mayor costo energético—, existe un mayor costo energético por unidad de tejido depositado, lo que afecta negativamente la eficiencia de conversión.

### **3.3.2. Primavera**

El pastoreo durante la primavera se caracterizó por presentar una disponibilidad de forraje promedio de  $2524 \pm 880,22$  kg MS/ha, con una altura de ingreso de  $23,23 \pm 6,09$  cm y una altura residual de  $13,74 \pm 3,04$  cm. La utilización de forraje para ese período fue de  $48,4 \pm 2,33$  % y la asignación de forraje efectiva de  $6,88 \pm 0,34$  kg MS cada 100 kg de PV. Podríamos inferir, a partir de los valores de disponibilidad y calidad de forraje (tabla 2), que el consumo de este no estuvo limitado por estas variables (Allison, 1985; Hodgson, 1990; Minson, 1990; Orskov, 1979; Poppi y McLennan, 1995).

En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos en la primavera. Con base en la curva de crecimiento animal, se identificó un período crítico de catorce días luego del cambio de sistema de alimentación, caracterizado por una menor ganancia de peso

de SAC respecto a SAP. Con el fin de caracterizar el desempeño animal en la etapa de transición del corral al pasto, se analizaron los resultados de primavera en dos períodos: P1: correspondiente a los primeros catorce días luego del cambio de sistema de alimentación (día 98 a 112), y P2, donde se evidencia una mejora en la ganancia individual de los SAC para dicha estación (día 112 a 182).

**Tabla 4.** Efecto del sistema de alimentación invernal (corral, SAC vs. pasto, SAP) y del nivel de oferta de alimento durante la etapa de corral (2,2 %, 2,5 %, 2,9 % y 3,2 % del peso vivo en base seca) sobre el consumo y crecimiento animal (promedios período primavera, 98 a 182 días).

	Tratamientos en invierno						Contrastes (P valor) <sup>1</sup>			
	SAP	SAC (kg MS/kg PV)					EE	SAC vs. SAP		
	Pasto	2,20	2,50	2,90	3,20	Lin		Cuad		
CMS, kg/día	10,1	9,4	10,1	10,1	9,9	0,25	0,45	0,25	0,16	
CMS, % PV	4,1	3,7	4,0	3,7	3,6	0,06	**	*	*	
DMS, %	67,8	70,8	69,0	74,0	78,0	0,94	**	**	*	
CEM, Mcal/d	24,7	24,0	25,0	27,0	27,9	0,75	0,19	*	0,94	
REMM, Mcal/d	9,6	9,3	9,5	9,6	9,5	0,08	0,23	0,22	0,06	
EGD día 182, mm	2,4	1,9	2,1	2,8	2,5	0,43	0,86	0,24	0,60	
AOB día 182, cm <sup>2</sup>	40,3	40,4	39,5	41,4	44,4	1,93	0,63	0,16	0,36	
GMD P, kg/día	0,48	0,28	0,19	0,20	0,16	0,07	***	0,26	0,72	
<i>GMD P1, kg/día</i>	<i>0,44</i>	<i>-0,04</i>	<i>-0,52</i>	<i>-0,61</i>	<i>-0,68</i>	<i>0,08</i>	***	***	*	
<i>GMD P2, kg/día</i>	<i>0,48</i>	<i>0,33</i>	<i>0,31</i>	<i>0,34</i>	<i>0,30</i>	<i>0,08</i>	<i>0,09</i>	<i>0,89</i>	<i>0,94</i>	
Peso (día 182), kg	256,1	268,5	276,6	290,0	293,8	4,51	***	***	0,64	
EC, kg MS/kg PV	18,8	28,2	34,6	34,2	37,4	1,80	**	*	0,42	

<sup>1</sup> Significancia del efecto lineal (Lin) y cuadrático (Cuad) asociado al nivel de oferta en el corral. \*(p ≤ 0,05), \*\*(p ≤ 0,01), \*\*\* (p ≤ 0,001).

EE: error estándar; CMS: consumo de materia seca; CEM: consumo de energía metabolizable; DMS: digestibilidad de la materia seca (valor promedio de las semanas de mediciones); REMM: requerimiento de energía metabolizable para mantenimiento; EGD: espesor de grasa dorsal; AOB: área de ojo de bife; GMD P: ganancia media diaria primavera; P1: período de 98 a 112 días; P2: período de 112 a 182 días; EC: eficiencia de conversión del alimento.

Durante la primavera, el CMS expresado en kg MS, no difirió entre tratamientos ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, cuando se analizó el CMS en relación con el peso vivo, se observó que el tratamiento testigo presentó mayor CMS (% PV) respecto a los tratamientos que tuvieron una alimentación a corral previa (4,07 vs. 3,73 % PV,  $P = 0,0051$ ). La oferta de alimento a corral afectó significativamente el CMS en pastoreo y la respuesta fue cuadrática ( $P = 0,0297$ ), con un CMS máximo de 3,87 % PV para una oferta de forraje de 2,58 % PV.

La DMS también presentó una respuesta cuadrática, con una minimización observada para valores de consumo de 2,4 % PV. Como resultado, el CEM aumentó linealmente con el nivel de consumo de corral ( $P = 0,0328$ ). Sin embargo, no se encontraron diferencias en CEM y REMm entre SAC y SAP ( $P > 0,05$ ).

En la fase de correspondiente a los primeros catorce días poscorral (P1), los tratamientos SAC reportaron pérdidas de peso vivo, con una diferencia estadística respecto al tratamiento testigo a pasto (-0,46 vs. 0,44 kg/d,  $P < 0,0001$ ). Esta depresión de la GMD en el SAC estuvo asociada a una respuesta cuadrática negativa a medida que se incrementó la oferta de alimento ( $P = 0,0195$ ), lo que provocó una mayor pérdida de peso para valores de consumos de 3 % PV. Sin embargo, este efecto de la alimentación a corral parecería no evidenciarse en el período posterior (P2), ya que no se encontraron diferencias estadísticas en GMD entre los sistemas de alimentación ( $P = 0,0890$ ) ni entre los diferentes niveles de oferta de alimento ( $P = 0,8938$ ). Otros autores (Ceconi et al., 2010; Pordomingo et al., 2012) también encontraron que altos niveles de oferta de alimento durante la alimentación a corral generaron, en la etapa de pastoreo, deterioro del aumento de peso obtenido en el corral. Sin embargo, a diferencia de los resultados obtenidos en el presente trabajo, Pordomingo et al. (2012) reporta depresiones poscorral en los primeros veintisiete días de pastoreo con ganancias positivas (0,31 vs. 0,67 kg/día), siendo la oferta de forraje y calidad de la pastura utilizada por estos autores en primavera (OF: 7,0 % PV, PB: 16,5 %, DMS: 67, EM: 2,43 Mcal/kg MS) similar a la de este trabajo (OF: 6,9 % PV, PB: 15,0 %, DMS: 73 %, EM: 2,62 Mcal/kg MS). Sin embargo, los autores evaluaron niveles de consumo entre 1,6 % y 3 % PV en las dietas de corral y reportaron ganancias que variaron entre 0,49 kg/día para los tratamientos más restrictivos y 1,05 kg/día para el

consumo *ad libitum*. En el trabajo de Pordomingo et al. (2012), los animales ingresaron con un mayor peso al corral (+66 %, 250 vs. 150 kg) y, si bien se reportaron ganancias a corral inferiores a la presente investigación, el peso a la salida del corral igualmente fue superior en un 20 % (321 vs. 266 kg). Estos autores hacen referencia a que, para esa categoría evaluada, los efectos residuales de la etapa de corral sobre el desempeño posterior a pasto se siguieron manifestando hasta los dos meses de salida del corral.

En los tratamientos de SAC, la recuperación de la ganancia animal posterior a la fase de transición no compensó a lo largo de la estación de primavera la depresión inicial. En promedio, los tratamientos alimentados a corral presentaron menor GMD que los testigos a pasto durante el período de primavera (0,21 vs. 0,48 kg/d,  $P = 0,0007$ ); a su vez, esta respuesta fue independiente del nivel de oferta de alimento suministrado en la alimentación a corral ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, es importante destacar que en el tratamiento testigo, aún con forraje de buena calidad y oferta no limitante (+6 % PV), no lograron alcanzar las ganancias esperadas en esas condiciones, según diversos autores, de 0,80 a 1,00 kg/día (Beretta et al., 2003; Pordomingo et al., 2007, 2012).

Según Parra et al. (2006), la pesada a la salida del corral podría estar generando un efecto confundido del nivel de engrasamiento obtenido en el corral con el llenado ruminal. El cambio abrupto de dieta en los tratamientos a corral podría haber generado variaciones en el contenido del tracto digestivo que no se detectaran en las doce horas de ayuno y sobreestimaran la pérdida de peso en la fase de transición, siendo mayores las mermas de animales alimentados con mayores niveles de oferta de alimento (Owens et al., 1995; Parra et al., 2006).

La mejor ganancia individual del tratamiento SAP respecto a los otros tratamientos durante la primavera no fue suficiente para compensar y alcanzar los altos pesos obtenidos a la salida del invierno por los tratamientos alimentados a corral. En este sentido, se mantuvo la tendencia obtenida en el invierno y, por tanto, los animales del SAC resultaron 13 % más pesados a fines de primavera que los SAP (286 vs. 252 kg,  $P < 0,0001$ ). Por otro lado, los elevados niveles de oferta de alimento en SAC determinaron incrementos lineales en los pesos vivos a fines de primavera ( $P <$

0,0001), siendo el tratamiento *ad libitum* (3,2 % PV) el de mayor peso final (293,8 kg/cab).

A fines de primavera no se encontraron diferencias de EGD y AOB entre los sistemas de alimentación ni entre los niveles de oferta de alimento ( $P > 0,05$ ). Sin embargo, se puede observar que en los tratamientos de corral existió una reducción a fin de primavera del EGD y AOB respecto a los valores obtenidos a la salida del corral (tabla 3). Esto podría indicar una movilización del tejido adiposo por parte de estos tratamientos. Por otro lado, los tratamientos a pasto aumentaron ambas variables a fines de primavera.

Como era esperable, en función de la respuesta obtenida en primavera de la ganancia individual, el SAP presentó mejor EC respecto SAC (18,80 vs. 33,59,  $P = 0,0007$ ). En el SAC, los animales alimentados *ad libitum* previamente en el corral obtuvieron la peor EC ( $P < 0,05$ ) durante el pastoreo en primavera.

### **3.3.3. Invierno-primavera**

En la tabla 5 se presentan los resultados obtenidos para el período global de invierno-primavera (0 a 182).

Se encontró que el CMS fue dependiente del sistema de alimentación, siendo menor el CMS promedio del tratamiento SAP respecto SAC (6,70 vs. 7,42 kg MS/día,  $P = 0,0036$ ; 2,86 vs. 3,15 %,  $P = 0,0010$ ). En los tratamientos del SAC, se observó un mayor consumo en términos de cantidad (kg/día) con la mayor oferta de alimento ( $P = 0,0007$ ), mientras que el CMS, expresado % PV, se maximizó con oferta de alimento de 3,06 %.

Los animales provenientes de la alimentación a corral, en promedio, presentaron mejor desempeño animal que los testigos a pasto (0,68 vs. 0,55 kg/d,  $P = 0,001$ ). En los tratamientos de SAC, la GMD presentó una respuesta lineal y positiva frente a los incrementos de oferta de alimento ( $P = 0,02$ ) siendo la alimentación *ad libitum* determinante para obtener animales más pesados a fin de primavera.

**Tabla 5.** Efecto del sistema de alimentación invernal (corral, SAC vs. pasto, SAP) y del nivel de oferta de alimento durante la etapa de corral (2,2 %, 2,5 %, 2,9 % y 3,2% del peso vivo en base seca) sobre el consumo y crecimiento animal (promedios período invierno-primavera, 0 a 182 días).

	Tratamientos en invierno						Contrastes (P valor) <sup>1</sup>		
	SAP	SAC (kg MS/kg PV)				EE	SAC vs. SAP		
	Pasto	2,20	2,50	2,90	3,20		Lin	Cuad	
CMS, kg/día	6,7	6,6	7,2	7,8	8,1	0,15	**	***	0,44
CMS, %PV	2,9	2,9	3,2	3,2	3,3	0,02	***	***	***
GMD IP, kg/día	0,56	0,62	0,65	0,73	0,74	0,05	**	*	0,85
EC, kg MS/kg PV	10,7	9,2	9,5	9,7	10,2	0,36	*	0,09	0,79

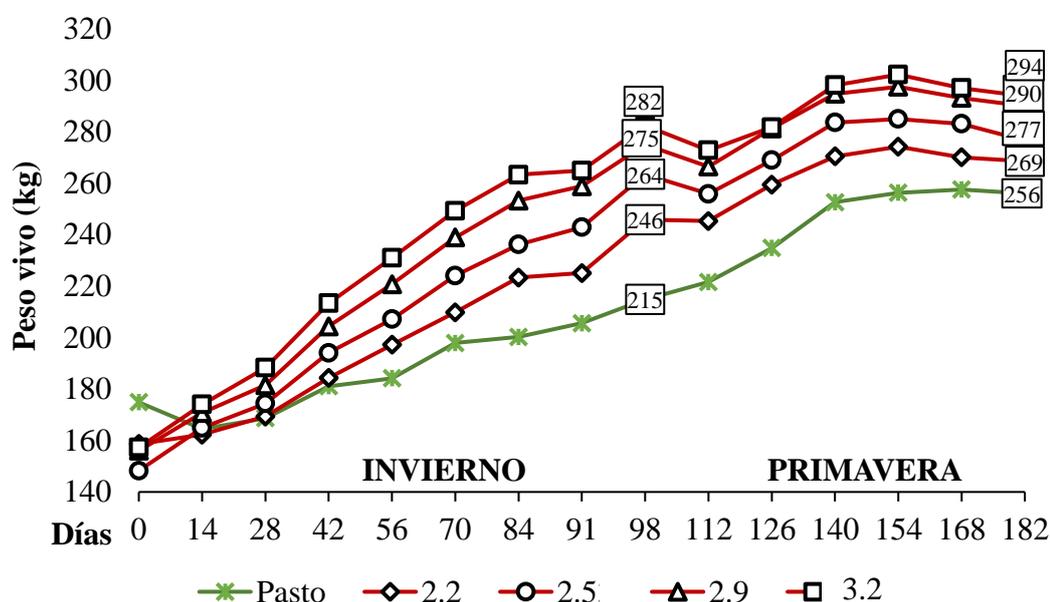
<sup>1</sup> Significancia del efecto lineal (Lin) y cuadrático (Cuad) asociado al nivel de oferta en el corral. \*(p ≤ 0,05), \*\*(p ≤ 0,01), \*\*\*(p ≤ 0,001).

EE: error estándar; CMS: consumo de materia seca; GMD IP: ganancia media diaria invierno-primavera; EC: eficiencia de conversión del alimento.

Pordomingo et al. (2010) evidenciaron que consumos entre 2,6 y 3,0 kg MS/100 kg PV mantuvieron similares GMD (0,77 kg/día) durante el período global (156 días, 92 días de invierno, 64 de primavera), mientras que los consumos de 1,6 y 1,8 kg MS/100 kg PV presentaron menor ganancia individual (0,60 kg/día). Si bien estos autores reportan en su trabajo que existió una relación inversa entre la GMD a corral y la GMD posterior a pasto, el alto desempeño obtenido en el confinamiento durante el invierno parecería ser más determinante en el resultado final, en parte por la mayor duración de dicho período en el análisis global. En esta presente investigación, la duración de los períodos analizados fue equitativa y también se observa similar respuesta, en la cual mayores ofertas de alimento mejoran la GMD invernal y, por ende, la GMD global. Otro trabajo de Pordomingo et al. (2005), en el cual analiza un período de pastoreo de mayor duración (114 días de corral y 132 días de pastoreo), también encontró que animales con altas tasas de ganancia a corral (0,92 kg/día) obtuvieron mayores GMD en el período global (0,81 kg/día). Si bien los animales en pastoreo logran mejores desempeños en primavera, estos nunca logran

compensar y alcanzar los pesos obtenidos por animales alimentados previamente a corral.

En la curva de crecimiento invierno-primavera (fig. 1), las diferencias de peso vivo generadas entre el SAC y SAP a fin de invierno (+52 kg/cab, día 98) tienden a disminuir a fin de primavera (+26 kg/cab, día 182). El mejor desempeño de SAP respecto a SAC en la primavera no fue capaz de compensar la menor GMD durante el invierno y, por tanto, a fin de primavera se mantiene, aunque en menor medida, la superioridad de los tratamientos de corral respecto a los testigos a pasto (+10 %, 282 vs. 256 kg;  $P < 0,001$ ). Sin embargo, cuando se analizan las diferencias de peso alcanzadas por cada tratamiento respecto al testigo a pasto a fines de cada estación, se percibe que hay una reducción en las diferencias obtenidas desde el fin de invierno al fin de la primavera. Estas reducciones son del 60 %, 58 %, 44 % y 44 %, respectivamente, para los tratamientos 2,2 %, 2,5 %, 2,9 % y 3,2 % PV en relación con el testigo a pasto.



**Fig. 1.** Efecto del sistema de alimentación invernal (corral, SAC vs. pasto, SAP) y del nivel de oferta de alimento durante la etapa de corral (2,2 %, 2,5 %, 2,9 % y 3,2% del peso vivo en base seca) sobre la curva de crecimiento invierno-primavera (0-182 días).

La EC para el período invierno-primavera analizada en su conjunto difirió estadísticamente entre los tratamientos de SAP y SAC (10,7 vs. 9,65 kg MS/kg PV,  $P \leq 0,05$ ). Si bien en el SAC se incrementó el CMS, la GMD aumentó en mayor medida y, por tanto, los animales provenientes de corral fueron más eficientes respecto al testigo a pasto. Sin embargo, dentro del SAC no se encontraron diferencias significativas en la EC ( $P = 0,09$ ), pero se observa una tendencia lineal a ser más eficiente con menor oferta de alimento.

### **3.4. Conclusiones**

La alimentación a corral de terneros durante invierno seguida de pastoreo en primavera mejora el desempeño animal y la eficiencia de conversión del alimento en relación con el manejo de la cría exclusivamente a pasto durante el período invierno-primavera. Al mismo tiempo, en condiciones de alimentación a corral, si bien no se encontraron diferencias en la EC, la GMD mejora significativamente a medida que se aumenta el nivel de oferta de alimento.

La estrategia de regular la oferta de alimento durante el período de alimentación a corral no fue eficaz para mitigar el efecto residual negativo del corral invernal sobre el desempeño posterior en primavera. Si bien el encierre a corral de terneros genera una menor ganancia posterior a pasto en primavera cuando se analiza el período global invierno-primavera, la pérdida de peso tiende a diluirse en el tiempo y los animales que estuvieron alimentados a corral presentan los mayores pesos a fin de primavera.

### **3.5. Conflicto de intereses**

Los autores no tienen ningún conflicto de intereses que declarar.

### **3.6. Aprobación del comité de experimentación animal**

Protocolo aprobado por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (expediente n.º 021130-001649-17).

### **3.7. Contribuciones de los autores**

NZ: recopilación de datos, análisis de datos, escritura-redacción; AS: conceptualización, metodología, supervisión del trabajo de campo; OB: análisis de

datos, MVB, recopilación de datos; VB: conceptualización, metodología, escritura-revisión.

### **3.8. Financiación**

Esta investigación fue posible gracias a la beca de maestría de la ANII (POS\_NAC\_2018\_1\_151720) y a la beca de apoyo a la finalización de estudios de posgrado brindada por la Comisión Académica de Posgrado (CAP), Uruguay.

### **3.9. Literatura citada**

Agricultural Food and Research Council. 1993. Energy and Protein

Requirements of Ruminants. CAB International. Wallingford, UK. 159 p.

Algorta, M., Iruleguy, G., López, I. 2015. Evaluación del uso de comederos de autoconsumo para la suplementación invernal de terneros en condiciones de oferta contrastante. Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay), Facultad de Agronomía.

Allison, C.D. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants a review. *Journal of Range Management*, 38:305.

AOAC International (Association of Official Agricultural Chemists). 2012. Official methods of analysis. 19th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

Baldi, F., Bancharo, G., LaManna, A., Fernández, E., Pérez, E. 2010. Efecto del manejo nutricional post-destete y durante el período de terminación sobre las características de crecimiento y eficiencia de conversión en sistemas de recría y engorde intensivo. En: Serie Actividades de Difusión n.º 609. p. 1-13.

Beretta, V., Simeone, A., Baldi, F. 2003. Spring grazing management of steers and calves on a mixed grass-legume pasture. En: Proceedings of the 9th World Animal Production Conference. SBZ, Porto Alegre, p. 68.

Beretta, V., Simeone, A., Carrocio, A., López, S., Orcasberro, M., Vilaró, J.M. 2016. Pasando del corral al pasto en la categoría terneros: ¿Vale la pena hacer una dieta de transición? En: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (18.ª, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC, Unidad de Producción Intensiva de Carne. pp. 58-64.

- Berriel F, Coronel L, Cumbay M. 2024. La utilización de raigrás (*Lolium multiflorum* cv. Jack) en la alimentación de terneros: Efecto de la oferta de forraje sobre el crecimiento, comportamiento animal y utilización de la pastura[tesis]. Montevideo: Universidad de la República (Uruguay), Facultad de Agronomía.
- Brito, G., Del Campo, M., Pittaluga, O., Soares de Lima, J. M. 2005. Una mejor recría para una mayor eficiencia en la producción de carne. Revista del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), 3:8-11.
- Ceconi, I., Davies, P., Méndez, D.G., Elizalde, J.C., Buffarini, M.A. 2010. El nivel de engrasamiento inicial y la ganancia de peso durante la recría a corral afectan los resultados físicos y económicos del proceso de invernada. Revista Argentina de Producción Animal, 30:51-68.
- Ceconi, I., Elizalde, J. 2008. Encierre estratégico de terneros. Análisis de casos reales en sistemas de producción de carne. Gral Villegas, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), 64 p.
- Ceconi, I., Méndez, D., Davies, P., Flores, J., Garcilazo, G., Antenao, J., Elizalde, J. 2022. Recría de terneros a corral: ganancia de peso, peso de ingreso, manejo de la alimentación. IDIA 21, 2(1):80-86.
- Couto, V. R., Paulino, M.F., De Campos, S., Filho, V., Detmann, E. 2019. Porto MO. Supplementation levels for pre-weaning grazing beef heifers during the rainy-dry transition season. Seminario: Ciências Agrárias, 40(6):3719-28.
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. 1990. Feeding standards for Australian livestock: ruminants. Melbourne, Australia: Standing Committee on Agriculture, CSIRO Publications. 266 p. ISBN: 0643051090.
- Di Marco, O.N. 1998. Crecimiento de vacunos para carne. El Autor, Balcarce, Argentina. 246 p. ISBN 950-43-9805-7.
- Ebert, E., Galván, J., Nieves, K. 2020. Evaluación de diferentes estrategias de alimentación en la terminación de novillos (pasto versus corral) sobre la performance animal y la calidad de carne. Tesis de grado. Montevideo, Uruguay. 98 p.

- Galyean, M.L. 1999. Review: Restricted and programmed feeding of beef cattle-definitions, applications and research results. *Professional Animal Scientist*, 15:1-6.
- Haydock, K. P., Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 15:663-670.
- Hicks, R. B., Owens, F. N., Gill, D. R., Martin, J. J., Strasia C. A. 1990. Effects of limit feeding on performance and carcass characteristics of feedlot steers and heifers. (En línea). *Journal of Animal Science*, 68(1):233-244. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/68/1/233/4703974>
- Hodgson, J. 1990. *Grazing management: science into practice*. Harlow, Essex, UK: Longman Group UK Ltd.
- Leborgne, R. 1984. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros. Montevideo, Uruguay: Hemisferio Sur. 54 p.
- Macoon, B., Sollenberger, L. E., Moore, J.E., Staples, C.R., Fike, J.H., Portier, K.M. 2003. Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *Journal of Animal Science*, 81:2357-66. <https://doi.org/10.2527/2003.8192357x>
- Mattiauda, D.A., Tamminga, S., Gibb, M.J., Soca, P., Bentancur, O., Chilibroste, P. 2013. Restricting access time at pasture and time of grazing allocation for Holstein dairy cows: Ingestive behaviour, dry matter intake and milk production. *Livestock Science*, 152: 53-62
- Minson, D.J. 1990. *Forage in ruminant nutrition*. San Diego: Academic Press. 483 p.
- National Research Council. 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th rev. ed. National Academy of Sciences, Washington, D. C.
- National Research Council. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000*, National Academy Press, Washington, D. C. <https://doi.org/10.17226/9791>
- National Research Council. 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th. ed. National Academy Press, Washington, D.C., 381 p.

- Orskov, E.R., McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, 92(2):499-503.
- Owens, F.N., Gill, D.R., Secrist, D.S., Coleman, S.W. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 73:3152-72.
- Parra, V. F., Riffel, S.L., Elizalde, J. C. 2006. Estrategias de inclusion del corral en los sistemas ganaderos de la Argentina. Capital Federal, Argentina: Gráfica Máxima. 179 p. ISBN 987-05-0366-7.
- Poppi, D.P, McLennan, S.R. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *Journal of Animal Science*, 73(1):278-90.
- Pordomingo, A. J., Kent, F., Pordomingo, A. B., Volpi Lagreca, G., Alende, M. 2010. Efecto del nivel de alimentación en recría a corral sobre la respuesta animal en el pastoreo subsiguiente. *Revista Argentina de Producción Animal*, 30(2):131-141.
- Pordomingo, A. J., Volpi Lagreca, G., Miranda, A., García Pilar T., Grigioni, G., Kugler, N. 2005. Efecto del nivel de fibra de dietas de recría a corral sobre el ritmo de engorde y parámetros de calidad de carne de vaquillonas Angus. En: *Boletín de divulgación técnica*, 88: 83-88
- Pordomingo, A.J., Grigioni, G., Carduza, F., Volpi Lagreca, G. 2012. Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: I. Animal performance, carcass and meat quality. *Meat Science*, 90:939-946. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.036>
- Pordomingo, A.J., Volpi Lagreca, G., Pordomingo, A.B., Stefanazzi, I.N., Eleva, S.G., Otermin, M.D. 2007. Efecto de la dieta de recría a corral sobre el aumento de peso en confinamiento y en el pastoreo subsiguiente de vaquillonas para carne. *Revista Argentina de Producción Animal*. 27(Supl. 1):1-111.
- Sainz, R.D. 1995. Why does feed restriction improve efficiency? En: *Symposium: Intake by Feedlot Cattle*. P-942. p. 175.
- Simeone, A., Beretta, V. 2008. Encierre de terneros o sistema ADT. En: *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10.ª, Paysandú)*. Memorias.

- Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC, Unidad de Producción Intensiva de Carne. p. 38-39.
- Simeone, A., Invernizzi, G., Buffa, J. I., Andregnette, B. 2013. Variables determinantes del resultado físico y económico de la invernada en sistemas agrícola ganaderos de las regiones Litoral Oeste y Cristalino Centro. En: Simeone A. (Ed.). Nuevas alternativas tecnológicas y cambio técnico en sistemas de invernada del litoral oeste y cristalino centro del Uruguay (GIPROCAR II). Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), p. 7-24. (Serie Técnica; 205).
- Simeone, A., Beretta, V. 2006. Intensificando la producción de carne en invernada: de la teoría a la práctica. En: 18.<sup>a</sup> Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne. Facultad de Agronomía, p. 21-23.
- Simeone, A., Beretta, V., Elizalde, J.C., Cortazzo, D., Viera, G. 2010. The impact of winter calf feedlot management on spring grazing performance. Proceedings of the Australian Society of Animal Production. 6 p.
- Tejada de Hernández, I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. En: Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México. D. F., México. 387 p.
- Van Keulen, J., Young, B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44:282–287.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74:3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

#### **4. Discusión general**

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del sistema de alimentación a corral en la recría de terneros en relación con el manejo exclusivamente a pasto y de diferentes estrategias de manejo en la dieta a corral sobre el crecimiento animal y la eficiencia de conversión del alimento para el período invierno-primavera. Para alcanzar dicho objetivo, se evaluaron dos estrategias de manejo aplicadas durante la etapa de alimentación a corral: nivel de voluminoso (NV) en dietas ofrecidas *ad libitum* (experimento I) y nivel de oferta de alimento (OA) en dietas concentradas (experimento II).

La primera hipótesis de trabajo se confirmó en ambos experimentos, en los que se observó que la alimentación a corral de terneros durante invierno seguido de pastoreo de praderas en primavera mejoró, para el período invierno-primavera, el desempeño animal y la eficiencia de conversión del alimento respecto a los tratamientos testigos que se manejaron únicamente sobre pasturas. Respecto al testigo, la mejora en GMD durante el período global invierno-primavera fue del 48 % (0,43 vs. 0,64 kg/día) en el experimento I y del 23 % (0,56 vs. 0,69 kg/día) en el experimento II; mientras que la mejora en la EC fue del 23 % (11,3 vs. 8,73 kg MS/kg PV) en el experimento I y del 10 % (10,70 vs. 9,65 kg MS/kg PV) en el experimento II.

En cuanto a la segunda hipótesis de trabajo, en el experimento I, se observó que, con una alimentación *ad libitum*, los diversos niveles de voluminosos en la dieta determinaron diferentes respuestas en la GMD y EC global. La GMD y la EC mejoraron respectivamente 28 % y 13 % a medida que se disminuyó el NV (70NV a 35NV) y 37 % y 28 % cuando se removió el nivel de voluminoso en la dieta (70 NV + 35 NV a 0NV). Por otro lado, en el experimento II, en dietas con 30 % de voluminoso, se observó que restricciones en los niveles de OA tienden a mejorar la EC global ( $P = 0,09$ ) pero afectan negativamente la GMD global.

Analizando individualmente cada período estudiado podemos observar que, durante el invierno, en ambos experimentos, los animales manejados en el SAC (1,05 kg/d) presentaron mejor desempeño respecto a los del SAP (0,55 kg/día) y fueron más eficientes (9,36 vs. 5,54 kg MS/kg PV). En la alimentación a corral, la eficiencia de conversión del alimento mejoró con la reducción de voluminoso en la dieta y a medida

que se redujo el nivel de oferta de alimento. Los resultados obtenidos fueron consistentes entre años (2017 y 2018) y con los antecedentes revisados (Algorta et al., 2015; Berriel et al., 2024; Ceconi et al., 2010; García y Oneto, 2017; Pordomingo et al., 2010, 2012), posicionando ambas estrategias de alimentación como una certeza tecnológica. En la alimentación a corral, los distintos niveles de voluminoso y de oferta de alimento determinaron diferente tasa de ganancia de peso. La disminución de voluminoso o el incremento de oferta de alimento fueron manejos claves para mejorar el desempeño y obtener a la salida del corral animales más pesados y con mayores niveles de engrasamiento.

Por otro lado, durante la primavera, se observó en ambos experimentos un efecto residual negativo del SAC sobre el desempeño posterior a pasto, lo que determinó que en promedio se obtuvieran menores ganancias diarias respecto a SAP (0,14 vs. 0,39 kg/día promedio de experimentos). Dicho efecto residual se explicó por una depresión inicial del desempeño durante los primeros catorce días luego de la salida abrupta del corral al pasto, sin hallarse diferencias entre ambos sistemas de alimentación luego de este primer período. En el experimento I, la respuesta observada en los primeros catorce días fue independiente del nivel de voluminoso; sin embargo, luego de este primer período, los tratamientos con voluminoso (70NV + 35NV) presentaron mejor desempeño que los sin voluminoso (0,26 vs. 0,09 kg/día), indicando que al menos un 35 % de voluminoso en la dieta de corral sería necesario para que no se vea comprometida la ganancia de peso durante este segundo período. En el experimento II, la depresión inicial de ganancia de peso se dio con mayor intensidad a medida que fue aumentando el nivel de oferta de alimento, siendo el tratamiento 3,20 % PV el más afectado. Estos resultados indicarían que, para dietas con 30 % de voluminoso, restricciones en la OA durante la etapa de corral contribuyen a mitigar la pérdida de peso observada durante los primeros catorce días luego del cambio en el sistema de alimentación. Al analizar las ganancias primaverales logradas por los animales del SAP en ambos experimentos (0,30 y 0,48 kg/día I y II respectivamente) con oferta de forraje en torno al 7 % PV, se observa que fueron menores a las esperadas según los antecedentes regionales (Beretta et al., 2003; Pordomingo et al., 2007, 2012). El mejor desempeño del tratamiento testigo en el experimento II respecto al I podría ser

consecuencia de la mejora en la calidad de la pastura utilizada, lo cual también contribuiría a mitigar la pérdida de peso de SAC durante los primeros catorce días (-0,46 vs. -0,64 kg/día) y mejorar su ganancia en el total del período primaveral (0,21 vs. 0,05 kg/día).

En términos generales, en ambos experimentos, la alimentación a corral (con sus diferentes estrategias de manejo) permitió obtener animales con mayores pesos que SAP, tanto a fines de invierno (261 kg) como a fines de primavera (271 kg), dado que el mejor desempeño primaveral de los animales del SAP no fue suficiente para lograr compensar la alta tasa de ganancia lograda a corral durante el invierno. Otros autores (Baldi et al, 2010; Pordomingo et al., 2005) también han reportado esta respuesta donde la GMD obtenida a corral durante el invierno incidió en mayor medida en el resultado final. Analizando la curva de crecimiento de ambos experimentos (fig. 1 del experimento I y II) puede observarse que las diferencias de peso vivo generadas entre el SAC y SAP a fin de invierno tienden a disminuir a fin de primavera. En el final del período en estudio, las mayores diferencias de peso vivo respecto al testigo a pasto se generaron en el experimento I con el tratamiento ONV (+15 %, 37 kg) y en el experimento II con el tratamiento 3,20 % PV (+27 %: 60 kg).

En términos de eficiencia de conversión del alimento, la respuesta obtenida durante la primavera fue inversa a la del invierno. Dado el mejor desempeño animal de los animales testigos en la primavera, estos resultaron ser más eficientes que los animales del SAC (15,29 vs. 48,45 kg MS/kg PV). Entre los tratamientos del SAC, la EC estuvo relacionada negativamente con los bajos niveles de voluminoso y altos niveles de oferta de alimento en la alimentación a corral previa.

Con el objetivo de interpretar la respuesta observada en términos de ganancia de peso vivo, en ambos experimentos se analizó la relación entre el CEM y los REMm para cada período. En el experimento I, durante el invierno, los animales SAP presentaron 7 % más de REMm respecto a SAC (6,7 vs. 6,3 Mcal/día), lo que se explica por el gasto energético en la actividad de pastoreo. La alimentación a corral permitió no solo reducir los gastos por actividad, sino también incrementar 9 % el CEM respecto a los animales en condiciones de pastoreo (16,2 vs. 14,8 Mcal/día). Esta mayor energía destinada a ganancia de peso determinó que los animales SAC

presentaran mejor desempeño y, por tanto, podrían explicar los mayores pesos vivos a fin de invierno. Consecuentemente, estas diferencias de peso generaron que, durante la primavera, los animales provenientes de corral tengan 16 % más de REMm respecto a aquellos que siempre se mantuvieron a pasto (9,2 vs. 7,9 Mcal/día). Esto, sumado a la reducción del 42 % del CEM de invierno a primavera (16,2 a 9,3 Mcal/día respectivamente) en SAC, genera que apenas se puedan cubrir los requerimientos de mantenimiento e inclusive en el tratamiento ONV se observa que el CEM no alcanzó a cubrirlos. Con la misma lógica, en el experimento II, durante el invierno, los animales SAC presentaron, en relación con SAP, menor REMm (-14 %, 6,5 vs. 7,6 Mcal/día) y mayor CEM (+57 %, 14,3 vs. 9,1 Mcal/día), lo cual resultó en un mejor desempeño y mayor peso a fin de invierno. Por otra parte, durante la primavera, los diferentes sistemas de alimentación no difirieron en cuanto a los requerimientos para mantenimiento (9,5 Mcal/día). Además, a diferencia del experimento I, en los tratamientos provenientes de corral se obtuvieron altos CEM durante la primavera (26 Mcal/día), posiblemente asociados a una mejor calidad de pastura. Esto determina que, para el caso del experimento II, los animales del SAC logren cubrir sus requerimientos energéticos de mantenimiento durante la primavera y puedan destinar energía para ganancia de peso vivo.

El análisis de los resultados de cada período permite identificar que el manejo durante la etapa de alimentación a corral invernal impacta sobre el posterior desempeño a pasto en la primavera; por lo tanto, se necesita más investigación sobre estrategias de manejo que logren optimizar el período invierno-primavera. Los coeficientes técnicos analizados en el experimento I y II para el período global invierno-primavera demostraron que, desde el punto de vista productivo, los animales que se alimentaron a corral durante invierno fueron más eficientes en comparación con los animales que siempre se manejaron en condiciones de pastoreo y que, entre los tratamientos del SAC, la eficiencia global mejoró conforme se utilizaron dietas más concentradas y tiende a mejorar con restricciones en la oferta de alimento durante la etapa de corral. A continuación, se presenta un análisis económico del sistema de ADT con el fin de identificar si el óptimo productivo coincide con el óptimo económico cuando se analiza esta alternativa tecnológica en el sistema de producción.

#### **4.1. Implicancias económicas del trabajo de investigación a un nivel de resolución sistema de producción ganadero recriador-invernador**

La información generada en el presente trabajo, con base en investigación analítica, cobra especial relevancia cuando se utiliza para la toma de decisiones a un nivel de resolución de empresa ganadera. Bajo este enfoque, los coeficientes técnicos generados en este trabajo (GMD y EC de invierno y primavera) fueron utilizados para realizar la evaluación económica del impacto que generaría el uso del ADT en un sistema pastoril de recría e invernada. Para alcanzar este objetivo, se modeló el resultado físico y económico de un establecimiento recriador e invernador con una superficie de pastoreo ganadero de 400 ha basada 100 % en praderas permanentes (modelo recría a pasto). La estrategia ganadera del sistema considerado se basó en la compra de terneros de 150 kg y la venta de novillos para faena de 480 kg. Este sistema de producción fue considerado como modelo testigo y se lo contrastó con un modelo que incorpora la recría invernal a corral como estrategia de manejo (sistema ADT o modelo recría a corral).

La modelización de ambos sistemas de producción, con sus entradas, salidas, y correspondiente presupuestación forrajera, fue realizada en una planilla Excel. El resultado económico de cada sistema fue estimado a través del margen bruto (MB expresado en US\$/ha), tomando en cuenta solamente los gastos directamente relacionados al rubro (sanidad, mano de obra, insumos y alimentación), sin considerar en esta simulación los gastos de estructura del establecimiento. Se realizó un análisis de sensibilidad del MBG de cada sistema ante diferentes escenarios de precios de insumos y productos, para esto se utilizó la metodología de la simulación Montecarlo, para tener una variabilidad de resultados de posibles combinaciones de precios con base en 5000 estimaciones, mediante el uso del programa @RISK. Los criterios y supuestos utilizados tanto productivos como económicos, así como las series históricas de precios de insumos y productos utilizados, se presentan en los anexos 1 y 2. La ganancia individual durante la etapa de alimentación a corral en invierno fue modelizada utilizando los coeficientes técnicos del tratamiento con mayor ganancia a corral (RTM *ad libitum* con fibra incluida, NV0 %), ya que en ninguno de los trabajos reportados anteriormente se encontraron diferencias significativas en la GMD entre las

estrategias de manejo evaluadas en el corral (nivel de voluminoso y nivel de oferta de alimento).

El sistema de producción basado en la recría a corral permitiría incrementar 50 % (336 a 506 kg/ha) la producción de carne del sistema (tabla 5). Este aumento en la productividad se explica por una mayor carga (+30 %, 1,77 vs. 2,31 cab/ha) y mejor desempeño animal (15 %, 0,52 a 0,60 kg/cab/día). Este incremento en producción permitirá mejorar el resultado económico global (383 a 426 US\$/ha).

**Tabla 5**

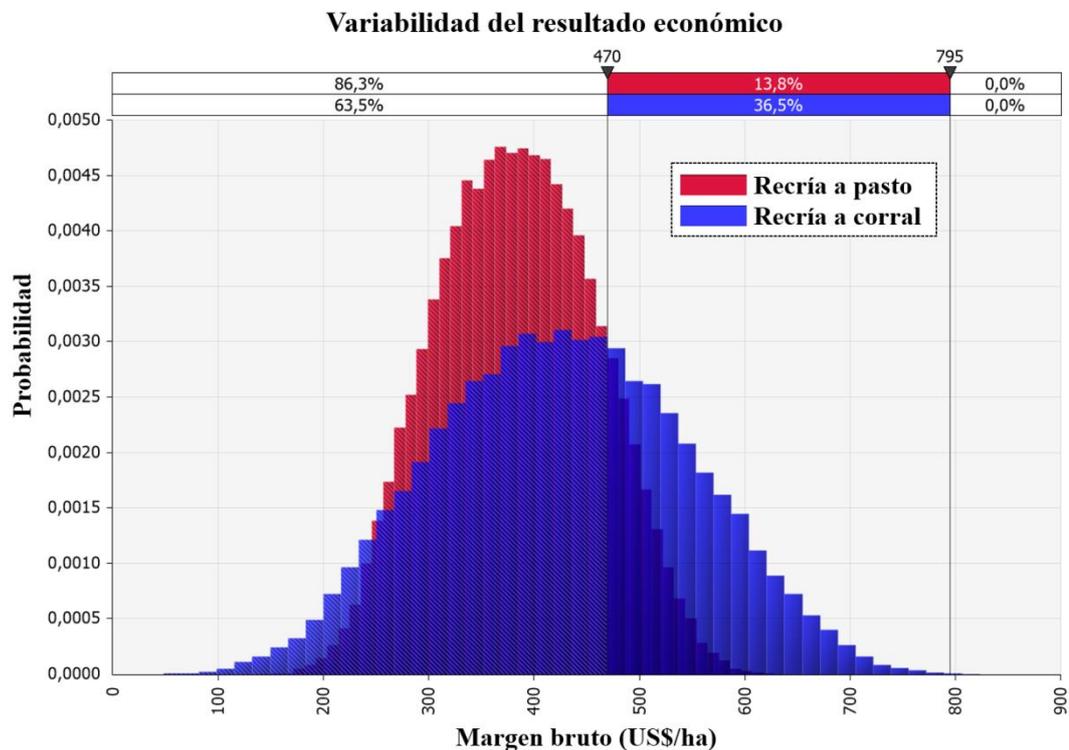
Resultados físicos y económicos para los sistemas de producción analizados en la simulación.

	Sistema basado en la recría a pasto <sup>1</sup>	Sistema basado en la recría a corral <sup>2</sup>
<b><u>Resultados físicos</u></b>		
<b>Producción de carne, kg/ha</b>	<b>336</b>	<b>506</b>
<i>Carga anual, cab/ha</i>	<i>1,77</i>	<i>2,31</i>
<i>Carga anual, UG/ha</i>	<i>1,38</i>	<i>2,06</i>
<i>Ganancia diaria, kg/cab</i>	<i>0,52</i>	<i>0,60</i>
<b><u>Resultados económicos</u></b>		
<b>Margen bruto, US\$/ha</b>	<b>383,51</b>	<b>426,21</b>
Desvío estándar, US\$/ha	75,32	119,57

<sup>1</sup> Compra 407 terneros de 150 kg PV y vende 399 novillos de 490 kg PV

<sup>2</sup> Compra 531 terneros de 150 kg PV y vende 521 novillos de 542 kg PV

En la figura 1 se presenta la variabilidad del resultado económico para los dos sistemas, evaluados en diferentes escenarios de precios de ración y de ganado, considerando la distribución de los precios y las correlaciones entre estos resultantes del análisis de las series históricas de precios.



**Figura 1**

Variabilidad del margen bruto para cada modelo analizado (recría a pasto en rojo y recría a corral en azul), considerando la distribución de los precios y sus respectivas correlaciones.

El sistema basado en recría a corral presentó una mayor variabilidad en relación con el sistema basado en recría a pasto. Aunque el sistema de recría a pasto parece ofrecer una mayor estabilidad, evidenciada por un menor desvío, la recría a corral aporta al sistema de producción mayores oportunidades para maximizar el resultado económico (hasta 800 US\$/ha). La probabilidad de obtener un margen bruto superior a 470 US\$/ha es de 36,5 % en la recría a corral, mientras que en la recría a pasto es solamente de 13,8 %. La probabilidad de obtener un resultado económico negativo es nula en ambos sistemas de producción.

## **5. Conclusiones**

La alimentación a corral de terneros durante invierno seguida de pastoreo en primavera mejora el desempeño animal y la eficiencia de conversión del alimento respecto al manejo de la recría únicamente sobre pasturas durante invierno y primavera.

No obstante, se registra un efecto residual negativo del corral invernal sobre el desempeño en primavera. La magnitud de este efecto puede ser atenuada por la inclusión de alimento voluminoso en la dieta durante el período a corral. Un nivel de inclusión del 35 % de la materia seca de la dieta sería efectivo para reducir el efecto residual negativo. La estrategia de control de la oferta de alimento durante el período de alimentación a corral no fue eficaz en atenuar el efecto residual negativo de la alimentación a corral sobre el desempeño a pasto durante la primavera, cuando se la compara con el testigo basado estrictamente en la alimentación pastoril.

Si bien el sistema ADT genera una menor ganancia posterior a pasto en primavera cuando se lo compara con una estrategia invierno-primavera basada exclusivamente a pasto, altas GMD de peso durante el período de alimentación a corral en invierno igualmente fueron determinantes en mejorar la GMD y EC global.

## 6. Bibliografía

- Agricultural Food and Research Council. (1993). *Energy and protein requirements of ruminants. An advisory manual prepared by the Agricultural Food and Research Council Technical Committee on responses to nutrients*. CAB International.
- Balch, D. A. y Rowland, S. J. (1957). Volatile fatty acids and lactic acid in the rumen of dairy cows receiving a variety of diets. *British Journal of Nutrition*, 11, 288-298.
- Baldi, F., Banchemo, G., La Manna, A., Fernández, E. y Pérez, E. (2010). Efecto del manejo nutricional post-destete y durante el período de terminación sobre las características de crecimiento y eficiencia de conversión en sistemas de recría y engorde intensivo. *Serie Actividades de Difusión*, 609, 1-13.
- Berchielli, T. T., Pires, A. V. y Oliveira, S. G. (2011). *Nutrição de ruminantes* (2.<sup>a</sup> ed.). Funep.
- Beretta, V. y Simeone, A. (2010). Suplementación de animales de recría utilizando comederos de autoconsumo en sistemas pastoriles. En *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne* (12.<sup>a</sup>, 2010, Paysandú), Memorias (pp. 46-54). Paysandú: Facultad de Agronomía, EEMAC, Unidad de Producción Intensiva de Carne.
- Beretta, V., Simeone, A., Carrocio, A., López, S., Orcasberro, M. y Vilaró, J. M. (2016). Pasando del corral al pasto en la categoría terneros: ¿vale la pena hacer una dieta de transición? *Jornada Anual de La Unidad de Producción Intensiva de Carne*, 56-64.
- Beretta, V., Simeone, A., Elizalde, J. C., Elizondo, L., Gil, A. y Rubio, L. (2003). Forage intake of Hereford steers grazing a ryegrass pasture at two allowances and supplemented with whole or ground maize. En *Proc. World Anim. Congr.* Porto Alegre, Brasil.
- Beretta, V. y Simeone, A. (2008). Autoconsumo en la alimentación de terneros. En *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne* (10.<sup>a</sup>, 2008, Paysandú), Memorias (pp. 35-37). Paysandú: Facultad de Agronomía, EEMAC, Unidad de Producción Intensiva de Carne.

- Brito, G., Del Campo, M., Pittaluga, O. y Soares de Lima, J. M. (2005). Una mejor recría para una mayor eficiencia en la producción de carne. *Revista Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)*, 3, 8-11.
- Carámbula, M. (1991). *Aspectos relevantes para la producción forrajera*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).
- Ceconi, I. J. y Elizalde, J. C. (2008). *Encierre estratégico de terneros. Análisis de casos reales en sistemas de producción de carne*. Gral. Villegas, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Ceconi, I., Davies, P., Méndez, D. G., Elizalde, J. C. y Buffarini, M. A. (2010a). El nivel de engrasamiento inicial y la ganancia de peso durante la recría a corral afectan los resultados físicos y económicos del proceso de invernada. *Revista Argentina de Producción Animal*, 30, 51-68.
- Ceconi, I., Davies, P. y Méndez, D. G. (2010b). Efecto del nivel de alimentación y de su alternancia durante la recría a corral sobre la performance en la fase pastoril subsiguiente de novillos terminados a pasto con y sin suplementación energética. *Revista Argentina de Producción Animal*, 30 (Supl. 1), 479.
- Ceconi, I., Méndez, D., Davies, P., Flores, J., Garcilazo, G., Antenao, J. y Elizalde, J. (2022). Recría de terneros a corral: ganancia de peso, peso de ingreso, manejo de la alimentación. *IDIA21*, 80-86.
- Church, C. D. (1993). *El rumiante: Fisiología digestiva y nutrición*. Acribia.
- Da Silva, E. I. (2021). *Formulação e fabricação de rações para ruminantes* (1.<sup>a</sup> ed.). Emanuel.
- Da Silva, E. I. (2023). Cálculos de consumo e digestibilidade de alimentos e nutrientes para ruminantes. *Revista Universitária Brasileira*, 1(3).
- Defoor, P. J., Galyean, M. L., Sayler, G. B., Nunnery, G. A. y Pearsons, C. H. (2002). Effects of roughage source and concentration on intake and performance by finishing heifers. *Journal of Animal Science*, 80, 1395-1404.
- Di Marco, O. N. (1998). Crecimiento de vacunos para carne. El Autor.
- Elizalde, J. (2015). Impacto del uso de los sistemas de alimentación a corral como estrategia para el engorde de bovinos para carne. *Maskana*, 6(Supl.), 83-93.

- Elizalde, J. C. y Duarte, G. A. (1994). Algunos factores que afectarían la producción de carne en empresas de invernada en el Oeste de la provincia de Buenos Aires (nota técnica). *Revista Argentina de Producción Animal*, 14, 97-103.
- Formoso, F. (2009). Aspectos a considerar para mejorar la producción y utilización de forraje durante otoño e invierno. *Revista Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Uruguay*, 17, 1-7.
- Galyean, M. L. (1999). Review: Restricted and programmed feeding of beef cattle-definitions, applications and research results. *Professional Animal Scientist*, 15, 1-6.
- Kaufmann, W. (1976). Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH regulation in the rumen and on feed intake in ruminants. *Livestock Production Science*, 3, 103-114.
- Kaufmann, W. y Saelzer, V. (1980). *Fisiología digestiva aplicada al ganado vacuno*. Acribia.
- Luzardo, S. y Cuadro, R. (2018). El uso de pasturas sembradas y suplementación en la recría de terneros machos en el basalto. *Revista Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA)*, 53, 18-21.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. y Wilkinson, R. G. (2022). *Animal nutrition* (8.<sup>a</sup> ed.). Pearson.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. y Morgan, C. A. (2006). *Nutrición animal* (6.<sup>a</sup> ed.). Acribia.
- Mertens, D. (1994). Regulation of forage intake. En *Forage quality, evaluation, and utilization* (pp. 450-493).
- Mertens, D. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 80(7), 1463-1479.
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7.<sup>a</sup> ed.). National Academy Press.
- Palladino, A., Wawrzkiwicz, M. y Bargo, F. (2006). La fibra. *Infortambo*, 202, 82-84.

- Parra, V. F., Riffel, S. L. y Elizalde, J. C. (2006). *Estrategias de inclusión del corral en los sistemas ganaderos de la Argentina*. Capital Federal, Argentina. Gráfica Máxima.
- Patil, P. V. y Patil, M. K. (2022). Factors affecting nutrient digestibility in animals. *Just Agriculture*, 2(7), 1-6.
- Pordomingo, A. J., Grigioni, G., Carduza, F. y Volpi Lagreca, G. (2012). Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: I. Animal performance, carcass and meat quality. *Meat Science*, 90, 939-946. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.036>
- Pordomingo, A. J., Kent, F., Pordomingo, A. B., Volpi Lagreca, G. y Alende, M. (2010). Efecto del nivel de alimentación en recría a corral sobre la respuesta animal en el pastoreo subsiguiente. *Revista Argentina de Producción Animal*, 30(2), 131-141.
- Pordomingo, A. J., Volpi Lagreca, G., Miranda, A., García Pilar, T., Grigioni, G. y Kugler, N. (2005). Efecto del nivel de fibra de dietas de recría a corral sobre el ritmo de engorde y parámetros de calidad de carne de vaquillonas Angus. En *Boletín de divulgación técnica* (vol. 88, pp. 83-88).
- Pordomingo, A. J., Volpi Lagreca, G., Pordomingo, A. B., Stefanazzi, I. N., Eleva, S. G. y Otermin, M. D. (2007). Efecto de la dieta de recría a corral sobre el aumento de peso en confinamiento y en el pastoreo subsiguiente de vaquillonas para carne. *Revista Argentina de Producción Animal*, 27 (Supl. 1), 1-111.
- Quintans, G. (1994). Suplementación de terneras y vaquillonas con afrechillo de arroz desgrasado. En *bovinos para carne: avances en suplementación de la recría e invernada intensiva* (serie Actividades de Difusión n.º 34). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) de Treinta y Tres.
- Quintans, G. (2006). *Recría vacuna: preparándose para el invierno*. Treinta y Tres, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).
- Quintans, G., Vaz Martins, D. y Carriquiry, E. (1993). Efecto de la suplementación invernal sobre el comportamiento de terneras. En *Campo natural: estrategia invernal manejo y suplementación: Resultados experimentales* (pp. 35-53). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) de Treinta y Tres.

- Quintans, G. y Vaz Martins, D. (1994). Efecto de diferentes fuentes de suplemento sobre el comportamiento de terneras. En *Bovinos para carne: avances en la suplementación de la recría e invernada intensiva* (serie Actividades de Difusión n.º 34). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) de Treinta y Tres.
- Risso, D. (1997). Producción de carne sobre pasturas. En D. Vaz Martins, *Suplementación estratégica para el engorde de ganado* (pp. 1-6).
- Rovira, J. (1996). *Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo*. Hemisferio Sur.
- Sainz, R.D. (1995). Why does feed restriction improve efficiency? En *Symposium: Intake by Feedlot Cattle* (P-942, p. 175).
- Simeone, A. y Beretta, V. (2004). Manejo nutricional en ganado de carne. En *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne* (6.ª ed., pp. 1-19). Paysandú, Facultad de Agronomía.
- Simeone, A. y Beretta, V. (2005). Manejo nutricional del ganado de carne: Suplementación y engorde a corral: cuándo y cómo integrarlos en el sistema ganadero. En *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne* (7.ª ed.).
- Simeone, A. y Beretta, V. (2008). Encierre de terneros o sistema ADT. En *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne* (10.ª ed., pp. 38-39). Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC.
- Simeone, A., Beretta, V., Elizalde, J. C., Cortazzo, D. y Viera, G. (2010). The impact of winter calf feedlot management on spring grazing performance. En *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* (6 p).
- Simeone, A., Invernizzi, G., Buffa, J. I. y Andregnette, B. (2013). Variables determinantes del resultado físico y económico de la invernada en sistemas agrícola ganaderos de las regiones Litoral Oeste y Cristalino Centro. En A. Simeone (ed.), *Nuevas alternativas tecnológicas y cambio técnico en sistemas de invernada del litoral oeste y cristalino centro del Uruguay (GIPROCAR II)* (pp. 7-24). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).
- Simeone, A., Beretta, V., Buffa, J. I., Canán, G., Varalla, D. y Miranda, D. (2018). Analizando los factores que inciden sobre la eficiencia de conversión de un

- corral de engorde. En *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne* (20.<sup>a</sup> ed., pp. 54-63). Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC.
- Soca, P., Bermúdez, R., Ayala, W., Mancuello, C., Arrarte, D., Pereira, G., Leiva, G., Fernández, M. y Hernández, P. (2001). Utilización de mejoramientos de campo con Lotus El Rincón y Lotus Maku para la recría vacuna en la zona este del país. En *Jornada de Difusión de Resultados* (pp. 7-23). Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).
- Straumann, J. M., Ayala, W., Vázquez, A. I. y Quintans, G. (2008). Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnífera (Primer año de evaluación). En *Seminario de Actualización Técnica: Cría Vacuna* (pp. 59-63). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).

## 7. Anexos

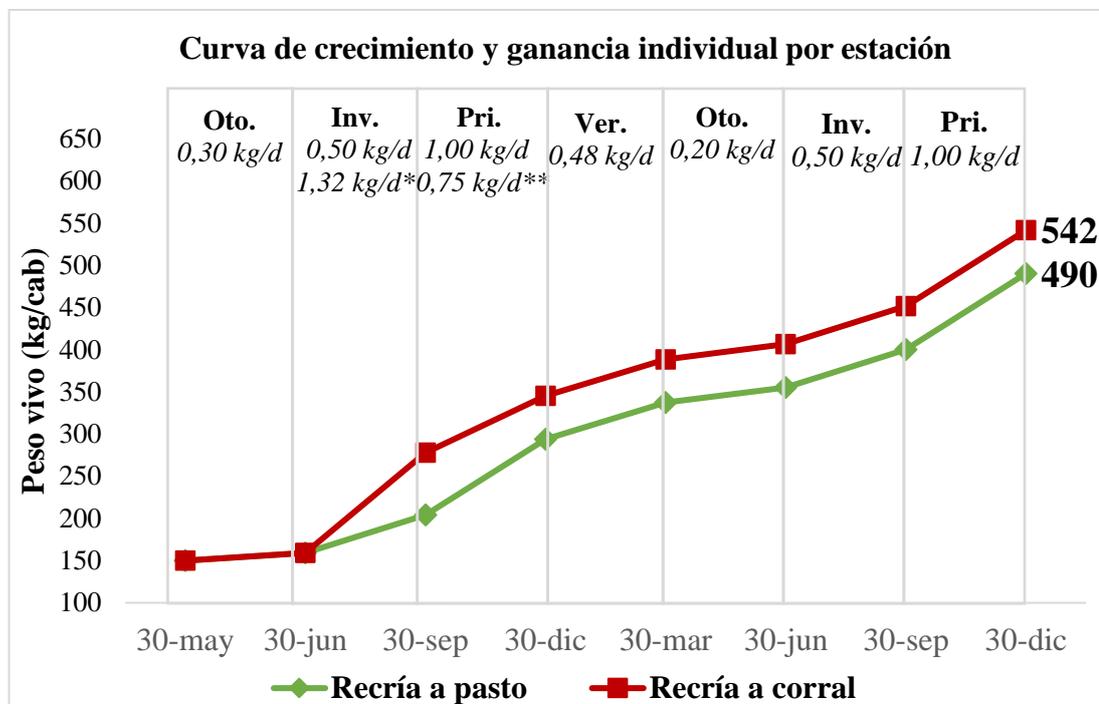
### **Anexos 1.** Supuestos productivos

**Uso de suelo:** la rotación de 400 ha presenta una duración de cuatro años de edad y está compuesta por praderas convencionales (PP) de trébol blanco, lotus y festuca. Se encuentra estabilizada en tiempo (25 % del área se distribuye en pasturas de uno, dos, tres y cuatro años de edad) y en el espacio (todos los años se realizan 100 ha de PP de primer año).

**Stock animal:** el sistema de invernada se encuentra estabilizado, de modo que todos los años se compran terneros (seis meses de edad) de 150 kg en mayo (ingresan a mitad de otoño) y se venden novillos gordos (dos años de edad) en diciembre con 490 o 542 kg según manejo planteado. Se consideró una mortandad anual del 2 %.

**Balance forrajero:** se realizó un balance energético en el que el aporte de las pasturas y las exigencias animales se expresaron en Mcal de energía metabolizable (EM). La producción, utilización y concentración energética del forraje de las praderas se estimaron con base en Leborgne (1978), y las exigencias energéticas animales, con base al Agricultural Food and Research Council (1993). En ambos modelos, el ajuste de carga se realizó con base en la estación limitante. En modelo recría a pasto, esta fue invierno, mientras que en el modelo recría a corral, la limitante pasa a ser verano. Las tasas de ganancia de peso vivo de los animales en cada estación se definieron en función de la información generada en ámbito nacional (Simeone y Beretta, 2004, 2008) para condiciones de pastoreo y, en el caso del corral, se utilizó la ganancia generada en el experimento I con el tratamiento ONV, la cual es consistente con diversos antecedentes presentados en este trabajo. Como en los experimentos anteriores se observó que las diferencias generadas en peso vivo entre los sistemas de alimentación (SAP vs. SAC) a fines de invierno se reducen a fines de primavera (-31 %), se corrigió la ganancia en primavera para aquellos animales que tuvieron una alimentación a corral. En este sentido, para el modelo a pasto se simuló una ganancia de 1 kg/día en primavera (Baldi et al., 2010), mientras que para el modelo de recría a corral se utilizó una ganancia de 0,75 kg/día.

En la figura 2 se presentan las ganancias de peso vivo promedio y el peso vivo a fin de cada estación para cada modelo.



\*Ganancia media diaria en el corral invernal \*\*Ganancia en primavera de animales con encierre previo

**Figura 2**

Curva de crecimiento y ganancia individual por estación según modelo.

## Anexo 2. Supuestos económicos

Para la simulación se utilizaron los precios promedios (cinco años) correspondientes a la serie histórica 2019 a 2023. Además, a los efectos de simular la variación en el resultado de cada uno de los sistemas de producción analizados, se consideró en cada variable el precio más probable, mínimo y máximo esperado y la correlación entre las variables (tabla 2).

**Tabla 2.**

Correlación entre variables

	Precio ternero mayo (US\$/kg)	Precio novillo gordo diciembre (US\$/kg)	Costo pradera sembrada (US\$/ha)	Precio ración mayo (US\$/ton)	Costo mano de obra (US\$/año)
Precio ternero mayo (US\$/kg)	1,00				
Precio novillo gordo diciembre (US\$/kg)	0,63	1,00			
Costo de pradera sembrada (US\$ /ha)	0,89	0,37	1,00		
Precio ración en mayo (US\$/ton)	0,48	-0,07	0,82	1,00	
Costo mano de obra (US\$/año)	0,24	-0,23	0,55	0,81	1,00

Se tomó como referencia, para los precios de hacienda, la Asociación de Consignatarios de Ganado (ACG), utilizando en el mercado de reposición la categoría de terneros de 141-180 kg y la tabla promedio de novillo gordo. Para el precio de la ración de recría se utilizó el valor de mayo de la Cámara Mercantil de Productos del País (CMPP), mientras que el costo de implantación y mantenimiento de la pradera se estimó con un manejo clásico en base a los datos de insumos proporcionados por la Federación Uruguaya de Grupos CREA (FUCREA). Por último, en cuanto a la mano de obra, esta se estimó considerando el salario mínimo nominal para un peón especializado y un capataz con base en el Instituto Nacional de Estadística (INE) y el ficto de alimentación y vivienda correspondiente para cada trabajador. Los montos en pesos uruguayos fueron corregidos por el tipo de cambio.