

**Los probióticos reducen el impacto del destete sobre el desempeño productivo de terneros Nelore durante el periodo post-destete**

Estudiante:

**Carlos Alirio Diaz Bravo**

Trabajo articulo publicable presentado como opción de grado

Director:

**David Esteban Contreras Márquez**

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Programa de Zootecnia

Universidad de Cundinamarca

Sede Fusagasugá

2024

## **Tabla de contenido**

<b>Resumen</b> .....	3
<b>Abstract</b> .....	4
<b>Introducción</b> .....	5
<b>Materiales y métodos</b> .....	7
<b>Resultados</b> .....	10
<b>Discusión</b> .....	15
<b>Conclusión</b> .....	18
<b>Referencias</b> .....	18

## **Resumen**

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del uso de probióticos sobre la ganancia de peso en terneros Nelore durante 60 días posteriores al destete. Fue implementado un diseño completamente al azar con 2 tratamientos y 17 repeticiones animales por tratamiento (N=34), siendo, Prob.0d: animales recibiendo probiótico el día del destete, y Prob.30d: animales recibiendo probiótico 30 días posteriores al destete. El estudio tuvo una duración de 60 días durante los cuales los animales fueron pesado en ayuno hídrico y alimentar de 12 horas a inicio y final de la investigación para determinar la ganancia de peso, realizando pesajes intermediarios a cada 10 días para establecer desempeños parciales de crecimiento. Animales del tratamiento Prob.0d presentaron una recuperación mayor y en menor periodo de tiempo cuando comparados con animales del tratamiento Prob.30d, presentando ganancias de peso superiores a partir de los días 10-20 ( $P < 0,018$ ) del periodo de investigación siendo la ganancia de peso total de 2,09 kg y 12,65 kg ( $P < 0,001$ ) respectivamente para Prob.30d y Prob.0d. Animales del tratamiento Prob.0d generaron incremento en la rentabilidad del sistema, siendo el lucro/animal \$81.535 superior ( $P < 0,001$ ) al de los animales que recibieron probiótico 30 días posteriores al destete. La oferta de probióticos al momento del destete acorta el grado de recuperación, mejora el desempeño productivo y la rentabilidad de terneros Nelore durante el post destete.

## **Abstract**

This research aimed to evaluate the effect of probiotic use on weight gain in Nelore calves for 60 days after weaning. A completely randomized design was implemented with 2 treatments and 17 animal repetitions per treatment (N = 34), being, Prob.0d: animals receiving probiotic on the day of weaning, and Prob.30d: animals receiving probiotic 30 days after weaning. The study lasted 60 days during which the animals were weighed in water fasting and fed for 12 hours at the beginning and end of the research to determine weight gain, performing intermediate weighings every 10 days to establish partial growth performances. Animals in the Prob.0d treatment showed a greater recovery and in a shorter period of time when compared to animals in the Prob.30d treatment, presenting higher weight gains from days 10-20 ( $P < 0.018$ ) of the investigation period, with a total weight gain of 2.09 kg and 12.65 kg ( $P < 0.001$ ) respectively for Prob.30d and Prob.0d. Animals in the Prob.0d treatment generated an increase in the profitability of the system, with profit/animal being \$81,535 higher ( $P < 0.001$ ) than animals that received probiotics 30 days after weaning. The supply of probiotics at the time of weaning shortens the degree of recovery, improves productive performance and profitability of Nelore calves during the post-weaning period.

## **Introducción**

Debido al constante crecimiento, la oferta de comida es limitada en algunos lugares afectando la seguridad alimentaria (Reuben et al., 2022). Los sistemas de producción de alimento se han intensificado buscando un objetivo común que es producir con más calidad nutricional y en menor tiempo para solventar la demanda de alimentos. Los sistemas de producción bovina tienen como objetivo lograr que los animales manifiesten desempeños elevados de manera permanente para entregar animales con peso de beneficio a una edad temprana. Entre tanto, existen condiciones medioambientales que alteran la disponibilidad de alimento y comprometen el rendimiento productivo animal (Eisler et al., 2014). Adicional, existen procesos naturales como el destete en los cuales los animales en la mayoría de los casos pierden parte del desempeño ganado durante la etapa de cría, siendo necesario la búsqueda de estrategias que ayuden a reducir o inhibir la pérdida de peso durante el destete.

Los terneros recién nacidos son considerados animales monogástricos por tener un abomaso altamente desarrollado, responsable por digerir en gran medida los nutrientes presentes en la leche (principal alimento en esta etapa productiva que llega al abomaso a través de la gotera esofágica). A medida que el animal crece e inicia la ingesta de forrajes u otro tipo de alimento sólido que tienen como destino el rumen, inicia el proceso de colonización de microorganismos anaerobios facultativos que comienzan a degradar los alimentos presentes en la dieta sólida que van a servir como fuente nutricional para el desarrollo de las papilas y de todo el epitelio ruminal (Costa et al., 2016), generando la transformación de animales con comportamientos digestivos de monogástricos a individuos con comportamientos digestivos propios de animales rumiantes (Idowu et al., 2022). A pesar de esta transformación, animales en etapa de cría continúan consumiendo alimento líquido en mayor cantidad en comparación con el

alimento sólido, convirtiéndose el momento del destete en una situación estresante y desafiadora no solo por la ausencia de la madre como también por una alteración hacia una dieta totalmente sólida.

Los probióticos al momento del destete se presentan como una alternativa que podría reducir las pérdidas productivas generadas por el estrés post-destete (Kelsey & Colpoys, 2018) ya que ayudan al aumento de la población de microorganismos participantes en la digestibilidad (principalmente de bacterias celulolíticas), generando mayor producción de ácidos grasos volátiles o de cadena corta que participarán posteriormente como principal fuente de energía en todos los procesos anabólicos relacionados con el crecimiento del individuo, y disminuyen la población de agentes patógenos reduciendo la utilización de antibióticos (Stover et al., 2016; Wegener, 2003).

Por lo anterior, esta propuesta de investigación tiene como objetivo determinar el efecto y el tiempo ideal de suministro de probiótico en el destete sobre el desempeño de terneros Nelore durante el periodo post-destete.

## **Materiales y métodos**

Esta propuesta fue ejecutada en el “Centro nacional de mejoramiento de ganado bovino del Beni” perteneciente a la “Universidad autónoma del Beni José Ballivián” localizado en la ciudad de Trinidad del departamento el Beni en Bolivia. La investigación tuvo una duración de 60 días divididos en dos periodos experimentales de 30 días.

Fueron utilizados 34 terneros de la raza Nelore próximos al destete con edades y peso promedio de ocho meses y 207 Kg respectivamente. El área experimental en la cual permanecieron los animales estuvo compuesta por un sistema de estabulación de 750 m<sup>2</sup> (20 m<sup>2</sup>/animal) y un área de pastoreo de 2500 m<sup>2</sup> provista de bebedero y saladero (con predominancia de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), bremura (*Cynodon dactylon*) y pangola (*Brachiaria spp*)), donde los animales permanecieron parte del día.

Fue utilizado un delineamiento completamente al azar con dos tratamientos y 17 repeticiones por tratamiento, siendo: Prob.0d: animales recibiendo probiótico el día del destete, y Prob.30d: animales recibiendo probiótico 30 días posteriores al destete. El probiótico utilizado fue el Biotec ADE® a dosis de 10 mL/animal a base de *Lactobacillus acidophilus*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus plantarum* y *Lactobacillus casei* en concentraciones de 10 billones de unidades formadoras de colonia (UFC).

A inicio del periodo experimental todos los animales fueron vitaminados y vermifugados para el control de endoparásitos y ectoparásitos. A inicio y final de la investigación todos los semovientes se pesaron en ayuno hídrico y alimentar de 12 horas para determinación de la ganancia de peso y ganancia media diaria. Pesajes intermedios sin ayuno fueron realizados a cada 10 días para evaluar la respuesta temprana del efecto del probiótico sobre el desempeño de los animales.

Los animales fueron destetados a los ocho meses de edad de forma normal. El día del destete las crías se encerraron a las 15:00 horas siendo las madres reunidas con las crías a las 18:00 horas con el objetivo de facilitar la retirada total de la leche de la glándula mamaria y evitar procesos de mastitis en días posteriores al destete. Finalizado el amamantamiento, las madres fueron enviadas a potrero y los terneros permanecerán encerrados en el corral con disponibilidad de agua *at libitum* hasta las 06:00 horas del día siguiente, donde se dio inicio a la investigación con pesaje y aplicación de probiótico a los animales del tratamiento Prob.0d. Pasados 30 días, los animales del tratamiento Prob.30d recibieron 10 mL del probiótico Biotec ADE® siendo el experimento encerrado para los dos tratamientos a los 60 días posteriores al destete.

La ganancia de peso se determinó por diferencia entre el peso final y el peso inicial como se muestra en la siguiente ecuación

$$GP = PF - PI$$

Donde, GP= ganancia de peso; PF= peso final y PI= peso inicial.

La ganancia de peso fue calculada a cada 10 días teniendo como base el peso presente (al momento del pesaje) del animal como peso final y el peso 10 días anteriores como el peso inicial. Para el cálculo de la ganancia de peso acumulada se utilizó el peso presente (al momento del pesaje) como el peso final del animal, tomándose siempre como base el peso al destete como el peso inicial.

Al final de la investigación fue realizado un estudio económico teniendo como base el gasto por animal al mes como el valor de arriendo de pasto por cabeza en la región. El costo total por animal durante los 60 días de investigación fue determinado utilizando la siguiente ecuación.

$$CT (\$) = (GAM \times T) + CProb$$

Donde, CT= costo total por animal durante el periodo; GAM= gasto por animal al mes; T= tiempo en meses y CProb= costo del probiótico para los cuales se tuvieron en cuenta datos de la institución

Para calcular la venta durante el periodo experimental fue utilizada la siguiente ecuación.

$$Venta (\$) = Vkg \times GP$$

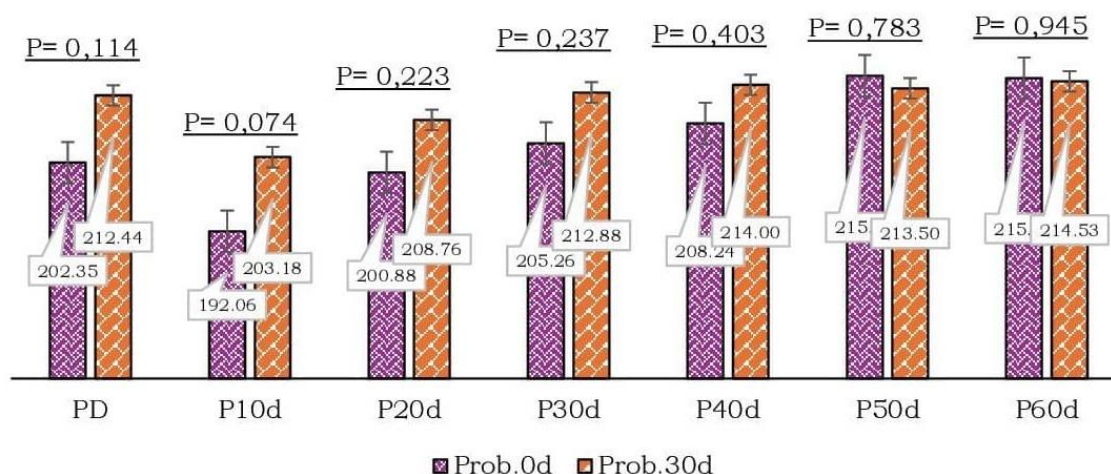
Donde, Venta (\$) = dinero recibido por la venta de los kilogramos ganados durante el periodo de estudio; Vkg= valor de venta por kilogramo de peso corporal (Dato tomado del reporte nacional cárnico) y GP= ganancia de peso.

La rentabilidad de cada uno de los tratamientos objetivos de estudio fue calculada por diferencia entre el valor de venta y los costos totales obtenidos durante el periodo experimental.

Todos los datos fueron sometidos a un diseño de medidas repetidas en el tiempo (Leal Yepes et al., 2018) para las variables peso al destete, ganancia de peso y ganancia de peso acumulada utilizando el paquete nlme del software estadístico R versión 4.3.1(2023), donde los tratamientos (Prob.0d y Prob30d), el tiempo (0, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días post-destete) y su interacción se incluyeron como efectos fijos y el animal como efecto aleatorio. Se utilizó la prueba post hoc de Tukey ajustada por Bonferroni para todas las comparaciones de medias, además de probó los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas y covarianzas (Pinheiro et al., 2007). Para las variables económicas como venta y rentabilidad se realizó una comparación de medias por la prueba de t-student (Team, 2000).

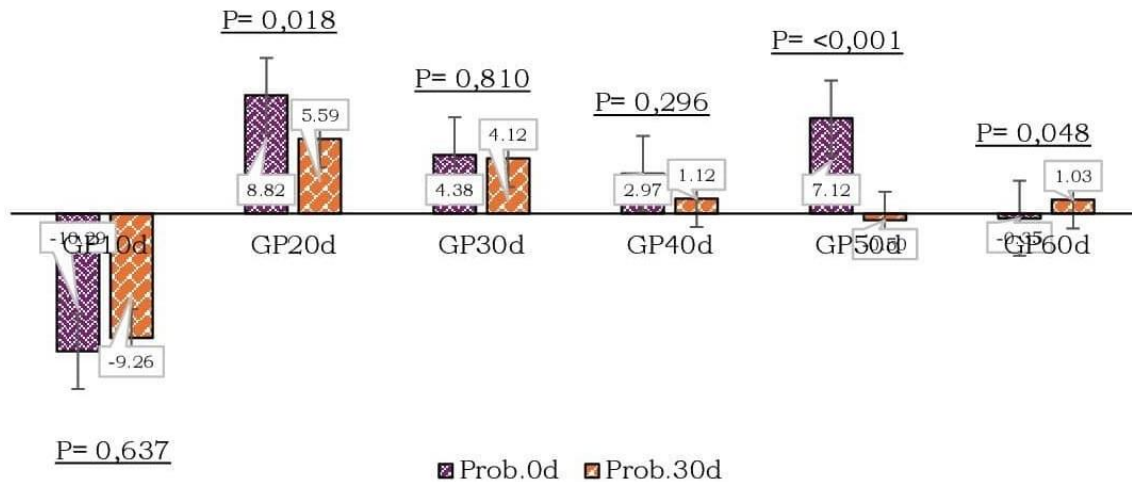
## Resultados

No se observó diferencia ( $P > 0,050$ ) en el peso corporal de los animales del tratamiento Prob.0d y Prob.30d en los diferentes días de pesaje durante el periodo investigativo (Figura 1).



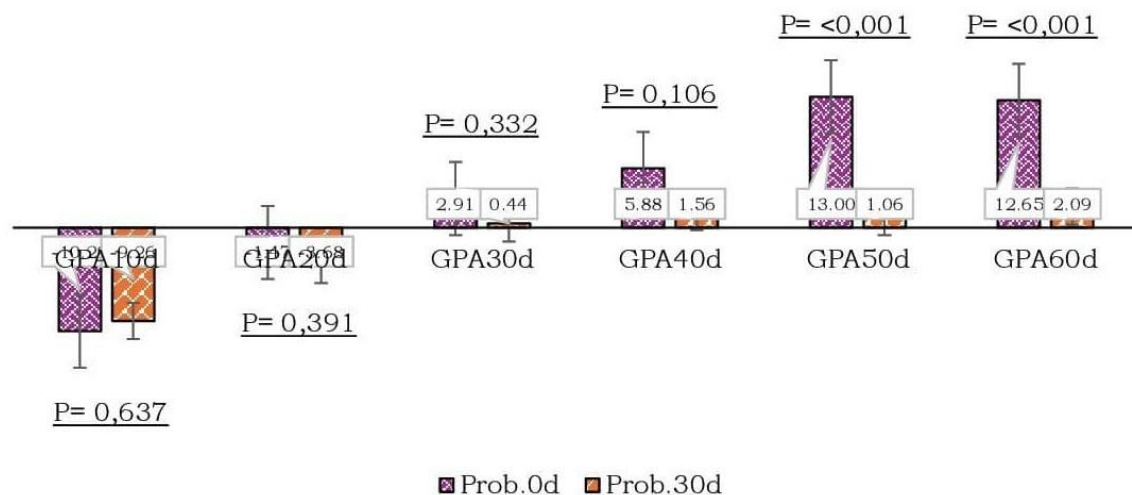
**Figura 1.** Peso corporal durante 60 días posteriores al destete de bovinos Nelore en etapa de levante recibiendo probióticos al momento o 30 días post destete. P: peso corporal (kg); d: días posteriores al destete. Valor  $P < 0,050$  denotan diferencia estadística entre los tratamientos

Cuando se evaluó la ganancia de peso de manera separada para cada 10 días de estudio, se observó mayor desempeño ( $P < 0,050$ ) para animales del tratamiento Prob.0d entre los días 10 – 20, 40 – 50 y 50 – 60, cuando comparados con animales del tratamiento Prob.30d (Figura 2).



**Figura 2.** Ganancia de peso durante 60 días posterior al destete de bovinos Nelore en etapa de levante recibiendo probióticos al momento o 30 días post destete. GP: ganancia de peso (kg); d: días posteriores al destete. Valor P <0,050 denotan diferencia estadística entre los tratamientos

A partir del día 50 post destete, animales del tratamiento Prob.0d presentaron ganancias de peso acumuladas superiores (P< 0,050) a las de los animales del tratamiento Prob.30d, manteniéndose este comportamiento hasta el final del periodo de investigación (Figura 3).



**Figura 3.** Ganancia de peso acumulada durante 60 días posterior al destete de bovinos Nelore en etapa de levante recibiendo probióticos al momento o

30 días post destete. GPA: ganancia de peso acumulada (kg); d: días posteriores al destete. Valor  $P < 0,050$  denotan diferencia estadística entre los tratamientos

Cuando los datos fueron evaluados como medidas repetidas en el tiempo, estudiando la interacción de los tratamientos en función del tiempo, se observa para el tratamiento Prob.0d una reducción en el desempeño de los animales entre el peso al destete y el P10d ( $P < 0,050$ ), con una recuperación del peso a partir del día 20 post-destete ( $P > 0,050$ ) con aumento del peso solamente a partir de los 40 días posteriores al destete cuando comparado con los tiempos PD, P10d, P20d y P30d ( $P < 0,050$ ). Para el tratamiento Prob.30d igualmente se observa reducción en el desempeño de los animales entre el peso al destete y el P10d ( $P < 0,050$ ), con una recuperación del peso a partir del día 20 post-destete ( $P > 0,050$ ) cuando comparado con el peso al destete, sin embargo, no se observó aumento del peso corporal de los animales en comparación con el peso al destete para los días P20d, P30d, P40d, P50d y P60d, siendo necesario tiempos superiores a dos meses para generar pesos mayores a los presentado por los animales al momento del destete (Tabla 1).

Cuando se evaluó la ganancia de peso acumulado a través del tiempo para el tratamiento Prob.0d, se observó reducción de la ganancia de peso a los 10 días ( $P < 0,050$ ), por el contrario, a partir del día 20 post-destete se presentó un aumento exponencial a medida que aumenta el tiempo del destete hasta el día 50 ( $P < 0,050$ ) sin alteraciones en la ganancia de peso a los 60 días ( $P > 0,050$ ). La ganancia de peso acumulado para el tratamiento Prob.30d igualmente presentó reducción de la ganancia de peso hasta los 10 días ( $P < 0,050$ ), a partir del día 20 post-destete se presentó un aumento en la ganancia de peso acumulada hasta el día 30 ( $P < 0,050$ ) sin alteraciones del peso ( $P > 0,050$ ) en los días 40, 50 y 60 posteriores al destete (Tabla 3).

**Tabla 1.** Comportamiento del peso corporal de terneros Nelore recibiendo probióticos en el momento o 30 días posteriores al destete.

Prob.0d							Prob.30d							Valor P
PD	P10d	P20d	P30d	P40d	P50d	P60d	PD	P10d	P20d	P30d	P40d	P50d	P60d	
202,35 <sup>def</sup>	192,06 <sup>ag</sup>	200,88 <sup>def</sup>	205,26 <sup>b<sup>def</sup></sup>	208,24 <sup>hij</sup>	215,35 <sup>ck</sup>	215,00 <sup>ck</sup>	212,44 <sup>axd</sup>	203,18 <sup>eghi</sup>	208,76 <sup>afk</sup>	212,88 <sup>bcd<sup>f</sup></sup>	214,00 <sup>bcd</sup>	213,50 <sup>bcd</sup>	214,53 <sup>bcd</sup>	<0,050

Prob.0d: animales recibiendo probiótico el día del destete; Prob.30d: animales recibiendo probiótico 30 días posteriores al destete; PD: peso al destete; P10d – P60d: peso en días posteriores al destete. <sup>abcd</sup>Letras distintas denotan diferencia estadística (P< 0,05) entre tratamientos y tiempos.

**Tabla 2.** Comportamiento de la ganancia de peso de terneros Nelore recibiendo probióticos en el momento o 30 días posteriores al destete.

Prob.0d						Prob.30d						Valor P
GP10d	GP20d	GP30d	GP40d	GP50d	GP60d	GP10d	GP20d	GP30d	GP40d	GP50d	GP60d	
-10,29 <sup>a</sup>	8,82 <sup>b</sup>	4,38 <sup>bd</sup>	2,97 <sup>cde</sup>	7,12 <sup>be</sup>	-0,35 <sup>d</sup>	-9,26 <sup>a</sup>	5,59 <sup>bc</sup>	4,12 <sup>bd</sup>	1,12 <sup>cd</sup>	-0,50 <sup>d</sup>	1,03 <sup>cd</sup>	<0,050

Prob.0d: animales recibiendo probiótico el día del destete; Prob.30d: animales recibiendo probiótico 30 días posteriores al destete; PD: peso al destete; GP10d – GP60d: ganancia de peso en días posteriores al destete. <sup>abcd</sup>Letras distintas denotan diferencia estadística (P< 0,05) entre tratamientos y tiempos.

**Tabla 3.** Ganancia de peso acumulada de terneros Nelore recibiendo probióticos en el momento o 30 días posteriores al destete.

Prob.0d						Prob.30d						Valor P
GPA10d	GPA20d	GPA30d	GPA40d	GPA50d	GPA60d	GPA10d	GPA20d	GPA30d	GPA40d	GPA50d	GPA60d	
-10,29 <sup>ac</sup>	-1,47 <sup>bdf</sup>	2,91 <sup>eg</sup>	5,88 <sup>g</sup>	13,00 <sup>h</sup>	12,65 <sup>h</sup>	-9,26 <sup>ab</sup>	-3,68 <sup>cde</sup>	0,44 <sup>fg</sup>	1,56 <sup>fg</sup>	1,06 <sup>fg</sup>	2,09 <sup>fg</sup>	<0,050

Prob.0d: animales recibiendo probiótico el día del destete; Prob.30d: animales recibiendo probiótico 30 días posteriores al destete; PD: peso al destete; GPA10d – GPA60d: ganancia de peso acumulada en días posteriores al destete. <sup>abcd</sup>Letras distintas denotan diferencia estadística (P< 0,05) entre tratamientos y tiempos.

Cuando se determinó la rentabilidad económica durante el periodo experimental, animales que recibieron probiótico 30 días posteriores al destete generaron lucratividad negativa (Tabla 4) siendo 30,1USD menos rentable durante los primeros 60 días posteriores al destete cuando comparados con animales que recibieron probióticos el día del destete ( $P < 0,001$ ).

**Tabla 4.** Rentabilidad económica de bovinos Nelore recibiendo probióticos al momento o 30 días post destete

<b>Variables</b>	<b>Prob.0d</b>	<b>Prob.30d</b>	<b>Valor P</b>
Gasto/animal/mes	\$ 6,52USD	\$ 6,52USD	1,000
Costo/Probiótico/animal	\$ 1,90USD	\$ 1,90USD	1,000
Tiempo (mes)	2,00	2,00	1,000
Costo total	<b>\$ 16,84USD</b>	<b>\$ 16,84USD</b>	1,000
Ganancia de peso (kg)	12,65	2,09	<0,001
Valor de venta/kg	\$ 2,85USD	\$ 2,85USD	1,000
Venta	<b>\$ 36,05USD</b>	<b>\$ 5,95USD</b>	<0,001
Rentabilidad	\$ 19,21USD	-\$ 10,89USD	<0,001

## **Discusión**

El destete se presenta como una situación estresante para la cría y la madre, para el caso de las crías este comportamiento se genera por separación muchas veces abrupta de la madre (Vogt et al., 2024) y por cambio brusco de una dieta líquida a una dieta sólida (Klopp et al., 2020). Este tipo de situaciones estresantes puede llegar a generar inmunosupresión (Kelsey & Colpoys, 2018) que podría generar proliferación de microorganismos potencialmente patógenos a nivel digestivo, diarreas y en casos severos a la muerte del animal (Lynch et al., 2019). En el trabajo realizado por (Kelsey & Colpoys, 2018) se observó una tendencia hacia reducción en las

concentraciones de cortisol sanguíneo a las 6 semanas posteriores al destete tanto para los animales que recibieron como para aquellos que no recibieron probióticos, siendo mayor la reducción en las concentraciones de cortisol en los terneros que recibieron probióticos. De acuerdo con (Treon et al., 2024) animales que recibieron probióticos presentaron menor concentración post-destete de neutrófilos y monocitos, células blancas relacionadas con procesos inflamatorios como respuesta al estrés, indicando que los probióticos mejoran los parámetros de bienestar animal durante el periodo posterior al destete.

De acuerdo con (Stover et al., 2016), los probióticos son microorganismos benéficos que mejoran la digestibilidad de los compuestos nutricionales presentes en la dieta. Esta afirmación podría explicar los resultados observados en donde los animales que recibieron probióticos al momento del destete presentaron una recuperación y aumento en la ganancia de peso en menor tiempo, posiblemente por un aumento en la degradabilidad de los nutrientes, generando mayor producción de ácidos grasos volátiles, amonio y proteína microbiana a nivel ruminal los cuales al ser absorbidos servirán como sustrato energético y proteico a para los procesos anabólicos relacionados con aumento de peso principalmente de crecimiento del tejido muscular o hipertrofia de las células musculares. Resultados similares a los encontrados en esta investigación fueron observados por (Kelsey & Colpoys, 2018) en donde terneros que recibieron 10 gramos de probiótico presentaron mayores cambios en el peso corporal y la ganancia media diaria ( $P \leq 0,05$ ).

Si bien este trabajo no evaluó variables relacionadas con el consumo, digestibilidad de los compuestos nutricionales presentes en la dieta y concentraciones de metabolitos relacionados con el metabolismo energético y proteico, dada la respuesta positiva en el desempeño de los animales que recibieron probiótico al momento del destete, se puede inferir que el suministro temprano de probióticos aumenta el consumo y la digestibilidad

de los nutrientes, e incrementa la disponibilidad de metabolitos en sangre (Idowu et al., 2022) a ser utilizados para el anabolismo que los tejidos que hacen o no parte de la canal (Pittaluga et al., 2023). El estudio realizado por (Treon et al., 2024) mostró que aquellos animales alimentados con probióticos presentaron poblaciones superiores de géneros bacterianos degradadores de fibra. Mayor degradación de la fibra mejora la disponibilidad de los compuestos nutricionales presentes en el contenido celular principalmente proteínas y carbohidratos no fibrosos, responsables directos en la producción de ácidos grasos volátiles y proteína microbiana que servirá a nivel duodenal como fuente de aminoácidos esenciales para el hospedero.

Se puede evidenciar igualmente que la respuesta productiva al suministro de probióticos es tardía, siendo necesarios de 30 días para superar el peso que presentaban los semovientes al momento del destete, tiempo a partir del cual la respuesta fue exponencial. Para el caso de los animales que recibieron probióticos a los 30 días posteriores al destete, el tiempo restante de experimentación no fue suficiente para generar pesos superiores a los presentados por los animales al momento del destete, siendo necesario de tiempos superiores de recuperación que repercuten en la rentabilidad del sistema, siendo mayor la respuesta económica en aquellos sistemas en los que el suministro de probióticos ocurre al momento del destete. Dada la respuesta tardía de los probióticos, es posible que suministro en días previos al periodo de destete reduzca el tiempo de recuperación o elimine en su totalidad las pérdidas posteriores al destete.

## Conclusión

La oferta de probióticos al momento del destete acorta el grado de recuperación, mejora el desempeño productivo y la rentabilidad de terneros Nelore durante el post destete.

## Referencias

- Costa, J. H. C., Adderley, N. A., Weary, D. M., & von Keyserlingk, M. A. G. (2016). Short communication: Effect of diet changes on sorting behavior of weaned dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *99*(7), 5635–5639. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10052>
- Eisler, M. C., Lee, M. R. F., Tarlton, J. F., Martin, G. B., Beddington, J., Dungait, J. A. J., Greathead, H., Liu, J., Mathew, S., Miller, H., Misselbrook, T., Murray, P., Vinod, V. K., Van Saun, R., & Winter, M. (2014). Agriculture: Steps to sustainable livestock. *Nature*, *507*(7490), 32–34. <https://doi.org/10.1038/507032a>
- Idowu, M. D., Taiwo, G., Pech Cervantes, A., Bowdridge, S. A., & Ogunade, I. M. (2022). Effects of a multicomponent microbial feed additive containing prebiotics and probiotics on health, immune status, metabolism, and performance of newly weaned beef steers during a 35-d receiving period. *Translational Animal Science*, *6*(2). <https://doi.org/10.1093/tas/txac053>
- Kelsey, A. J., & Colpoys, J. D. (2018). Effects of dietary probiotics on beef cattle performance and stress. *Journal of Veterinary Behavior*, *27*, 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2018.05.010>
- Klopp, R. N., Suarez-Mena, F. X., Dennis, T. S., Hill, T. M., Schlotterbeck, R. L., & Lascano, G. J. (2020). Postweaning response on growth and nutrient digestion to using different weaning strategies when feeding moderate and high amounts of milk replacer to Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, *103*(9), 8143–8150. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17704>
- Leal Yepes, F. A., Nydam, D. V., Heuwieser, W., & Mann, S. (2018). Technical note: Evaluation of the diagnostic accuracy of 2 point-of-care  $\beta$ -hydroxybutyrate devices in stored bovine plasma at room temperature and at 37°C. *Journal of Dairy Science*, *101*(7), 6455–6461. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13960>

- Lynch, E., McGee, M., & Earley, B. (2019). Weaning management of beef calves with implications for animal health and welfare. *Journal of Applied Animal Research*, 47(1), 167–175. <https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1594825>
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., & Team, R. C. (2007). Linear and nonlinear mixed effects models. *R Package Version*, 3(57), 1–89.
- Pittaluga, A. M., Yang, F., Gaffney, J. R., Embree, M., & Relling, A. E. (2023). Effect of supplementation with ruminal probiotics on growth performance, carcass characteristics, plasma metabolites, methane emissions, and the associated rumen microbiome changes in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 101. <https://doi.org/10.1093/jas/skac308>
- Reuben, R. C., Elghandour, M. M. M. Y., Alqaisi, O., Cone, J. W., Márquez, O., & Salem, A. Z. M. (2022). Influence of microbial probiotics on ruminant health and nutrition: sources, mode of action and implications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(4), 1319–1340. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11643>
- Stover, M. G., Watson, R. R., & Collier, R. J. (2016). Pre- and Probiotic Supplementation in Ruminant Livestock Production. In *Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics* (pp. 25–36). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802189-7.00002-2>
- Team, R. C. (2000). R language definition. *Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing*, 3(1), 116.
- Treon, E., Sidney, T., Taiwo, G., Idowu, M., Leal, Y., Ologunagba, D., & Ogunade, I. M. (2024). Effects of dietary supplementation of a blend of *Saccharomyces cerevisiae*, multiple live probiotic bacteria, and their fermentation products on performance, health, and rumen bacterial community of newly weaned beef steers during a 56-d receiving period. *Translational Animal Science*, 8. <https://doi.org/10.1093/tas/txad143>
- Vogt, A., Barth, K., Waiblinger, S., & König von Borstel, U. (2024). Can a gradual weaning and separation process reduce weaning distress in dam-reared dairy calves? A comparison with the 2-step method. *Journal of Dairy Science*, 107(8), 5942–5961. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-23809>

Wegener, H. C. (2003). Antibiotics in animal feed and their role in resistance development. *Current Opinion in Microbiology*, 6(5), 439–445.  
<https://doi.org/10.1016/j.mib.2003.09.009>