



Efecto de la suplementación de bajo volumen sobre el rendimiento productivo durante la recría de vaquillas en el subtrópico húmedo argentino

Kucseva, C.D.¹ ; Slanac, A.L.^{2*} ; Pamies, M.E.¹ ; Prieto, P.N.¹ 

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Colonia Benítez, Chaco, Argentina. ²Cátedra de Fisiología, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina.

✉ alsanac@vet.unne.edu.ar

Resumen

Con el objetivo de evaluar el impacto de diferentes suplementos de bajo volumen (SBV) se utilizaron 30 vaquillas con 248,6 kg de peso vivo inicial, en tres tratamientos: SAL Teknamix (suplemento mineral), BIOSAL Max (suplemento energético-proteico) y MMN (mezcla mineral del INTA). Los animales fueron pesados cada 21 días, y se midieron variables como peso vivo, condición corporal, altura a la cadera y perímetro torácico. La disponibilidad de forraje fue baja, con un contenido de proteína bruta (PB) que varió entre 7,9% y 14,1% y energía metabolizable (EM) de 2,5-2,6 Mcal kg⁻¹ de MS. No se observaron diferencias significativas en la evolución del PV entre tratamientos ($p>0,05$), pero sí entre grupos de distinto tamaño corporal ($p<0,01$). Los animales más pequeños respondieron mejor a la suplementación con BIOSAL y MMN. El consumo de suplemento aumentó significativamente en comparación con el grupo SAL (+274% para MMN y +509% para BIOSAL), aunque sin diferencias significativas en conversión alimenticia ($p>0,05$). En cuanto al crecimiento, no se observó diferencias en la altura a la cadera y perímetro torácico ($p>0,05$). Sin embargo, la condición disminuyó en todos los tratamientos por igual, lo que sugiere una alimentación deficiente. La ausencia de respuesta se debió probablemente a las condiciones climáticas desfavorables, las cuales impidieron que las mezclas minerales fortificadas manifesten su potencial. Sería recomendable repetir el experimento bajo condiciones ambientales más favorables para ser evaluadas adecuadamente.

Palabras clave: Bovinos, vaquillas, suplemento mineral, suplemento energético-Proteico.

Effect of low-volume supplementation on productive performance during heifer rearing in the humid Argentina subtropics

Abstract. To evaluate the impact of different low-volume supplements (LVS), 30 heifers with an initial live weight of 248.6 kg were assigned to three treatment groups: SAL Teknamix (a mineral supplement), BIOSAL Max (an energy-protein supplement), and MMN (INTA's mineral mix). The animals were weighed every 21 days, and variables such as live weight, body condition score, hip height, and thoracic circumference were recorded. Forage availability was limited, with crude protein (CP) content ranging from 7.9% to 14.1% and metabolizable energy (ME) between 2.5 and 2.6 Mcal kg⁻¹ of dry matter (DM). No significant differences in live weight gain were observed among treatments ($p>0.05$), however, significant differences were found among groups with different body sizes ($p<0.01$). Smaller animals showed a better response to supplementation with BIOSAL and MMN. Supplement intake was significantly higher compared to the SAL group (+274% for MMN and +509% for BIOSAL), although no significant differences were observed in feed conversion ($p>0.05$). In terms of growth, no differences were detected in hip height or thoracic circumference ($p>0.05$). However, body condition declined uniformly across all treatments, indicating inadequate nutritional support. The lack of response was likely attributable to unfavorable weather conditions, which may have hindered the full expression of the fortified mineral mixtures' potential. Repeating the experiment under more favorable environmental conditions is recommended to properly assess their effects.

Key words: Bovine, heifers, mineral supplement, energy-protein supplement.

INTRODUCCIÓN

La suplementación en vacas de cría y vaquillas de cría en la región enfrenta varios desafíos, principalmente relacionados con la distribución del suplemento. Entre los problemas más comunes se encuentran los altos costos de amortización, la contratación de personal y el precio del combustible. Además, el clima subtropical húmedo de la región, especialmente en el este de Chaco y Formosa, agrava la situación. Esta zona carece de una estación seca definida y recibe precipitaciones anuales promedio de 1.300 mm, lo que complica aún más la distribución del suplemento. Una alternativa viable es la suplementación con bajos volúmenes (SBV) de alimentos diseñados específicamente para aportar los nutrientes limitantes en la digestión del abundante pasto disponible.

Se puede utilizar un suplemento comercial basado en una mezcla mineral con nitrógeno no proteico (NNP), concentrados energéticos y componentes biológicos como enzimas, levaduras y probióticos. Según Caja et al. (2003), la administración de probióticos favorece la microbiota ruminal e inhibe la proliferación de bacterias patógenas o no deseables en el tracto digestivo. Los mecanismos de acción de los probióticos incluyen la competencia por los receptores que permiten la adhesión y colonización de la mucosa intestinal, la utilización de determinados nutrientes, la producción de sustancias antimicrobianas y la estimulación de la inmunidad del hospedador.

En los rumiantes, el uso de probióticos se asocia con un aumento en la actividad celulítica ruminal y un incremento del flujo de proteína microbiana hacia el intestino (Newbold 2003, van Vuuren y Rochet 2003). Además, la suplementación con enzimas exógenas, como celulasas y xilanasas, puede mejorar la digestibilidad ruminal y aumentar la producción de leche o el crecimiento de los animales (Yang et al. 1999).

Lopes et al. (2000) y Castro et al. (2014) indicaron que, a un nivel de producción determinado, el pasto puede proporcionar una dieta completa, siempre que se acompañe de agua y una mezcla mineral. No obstante, cualquier aumento en este sistema requiere la adición de alimentos que suministren proteínas, energía y minerales. Esto se puede lograr mediante el uso de forrajes de mejor calidad o suplementos. Esta recomendación se basa en el hecho de que, durante la temporada seca, las vacas no logran recuperar la condición corporal (CC) necesaria para mantener su ciclo reproductivo. En cuanto a la cría, la ganancia diaria de peso (GDP) obtenidas son bajas, incluso cuando la disponibilidad de forraje es adecuada, debido a que la calidad de los pastos, especialmente el bajo contenido de proteínas limita tanto el consumo como la digestibilidad del forraje. Como resultado, los rendimientos en esta época del año son bajos.

Por otro lado, la adición de almidón de fácil digestión, a través de granos de maíz o sorgo, junto con una fuente de proteína verdadera (VP) y/o NNP en bajas dosis, proporciona una mayor disponibilidad de carbohidratos. Esto estimula el crecimiento y la actividad de la población microbiana ruminal, reduciendo así el tiempo requerido para la colonización microbiana (Beauchemin y Rode 1996, Hristov et al. 1996).

En el manejo de vacas de cría, la estrategia consiste en proporcionar una pequeña cantidad de nutrientes que

favorezcan a los microorganismos del rumen, lo que a su vez estimula el consumo y la digestión del pasto. Este suplemento debe tener un alto contenido de proteína bruta (PB), superior al 30%, y minerales. Se prefiere el uso de VP, aunque se acepta hasta un 40% de la proteína degradable en el rumen (PDR) provenga de NNP. Generalmente, se espera un consumo de suplemento entre el 0,1% y el 0,3% del peso vivo (PV) (Lopes et al. 2000, Castro et al. 2014). Para la cría, se ha observado que este tipo de suplementación mejora la respuesta animal al proporcionar nutrientes adicionales. Esto permite reducir la edad de faena al aumentar la ingesta total de energía. También se recomienda que el suplemento contenga un mínimo de 25% de PB y no más de 30% de NNP como PDR, con un consumo estimado entre el 0,3% y el 0,5% del PV.

Durante la época de lluvias y el activo crecimiento de las especies megatérmicas, se observa un aporte significativo de calidad y cantidad de nutrientes, como energía y proteínas, que son beneficiosos para los animales (Lopes et al. 2000). Sin embargo, debido a la rápida maduración de estas plantas, se produce una disminución en el valor nutricional, especialmente en el contenido proteico. En estas condiciones, se recomienda que las formulaciones de suplementos contengan un 17% de PB en relación con el total de nutrientes digestibles (TDN). Como norma general, estos suplementos deberían diseñarse para incluir entre un 12% y un 25% de PB, así como una densidad energética no inferior al 75% de TDN. Se prefiere el uso de VP, aunque también se puede incluir una parte de urea.

La suplementación conjunta de compuestos nitrogenados y almidón, como carbohidratos de rápida degradación (CFF) ha demostrado aumentar la asimilación de nitrógeno en el rumen. El nivel de suplementos a utilizar dependerá de la intensificación deseada en los sistemas de producción; es decir, a mayor cantidad de suplementos, se espera un incremento en el aumento de peso (Paulino et al. 2008). Sin embargo, es fundamental que estos suplementos no reduzcan el consumo de pasto debido al efecto de sustitución (El-Shazly et al. 1961). La cantidad ideal de concentrado a emplear en un sistema ganadero varía considerablemente y está influenciada por múltiples factores, como el precio del suplemento (Figueiredo et al. 2007).

Los suplementos de ingesta autocontrolada representan una alternativa eficaz para reducir los costos de mano de obra, ya que pueden ser administrados a intervalos más largos. En este sistema, los animales tienen la capacidad de consumir el suplemento de manera diaria según sus necesidades (Paulino et al. 2001). El objetivo del presente estudio fue evaluar el impacto de diferentes SBV, sobre el rendimiento productivo en la cría de vaquillas en el subtrópico húmedo argentino.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Estación Experimental Colonia Benítez del INTA ubicada en la localidad homónima, provincia del Chaco, se desarrolló este ensayo donde se utilizaron 30 vaquillas con 248,6 kg de PV inicial, distribuidas en grupos de cinco animales por potrero, con dos potreros por tratamiento en bloques completos al azar. Los animales fueron bloqueados por peso inicial en categorías de chico con $213 \pm 31,8$ kg y grandes con $269 \pm 22,5$ kg de PV

inicial. En potreros de Grama Rhodes, con una superficie de 0,86 ha cada uno. Los tratamientos fueron los siguientes: SAL Teknamix (Teknal), un suplemento mineral; BIOSAL Max (Suplefeed), un suplemento alimenticio en pellets de consumo limitado, enriquecido con proteína vegetal, energía, macrominerales y aditivos. Este suplemento está formulado a base de Bioenzymix, que incluye enzimas, probióticos, prebióticos, levaduras, aminoácidos, vitaminas (A, D, E) y minerales esenciales (Cu, Zn, Fe, Mn, I, Co, Se) y MMN (INTA), una mezcla mineral compuesta por 15% expeller de algodón, 24% maíz molido, 12% urea, 15,7% minerales (incluyendo SAL Teknamix), 1,3% azufre y 30% cloruro de sodio.

Los animales fueron pesados y rotados entre potreros cada 21 días dentro del bloque correspondiente. Además, se tomaron muestras de pasto cada 14 días para estimar la

disponibilidad de MS. Se evaluó la evolución del PV cada 21 días, 0: 21; 42; 63 y 84 días, además en 0 y 84 días, se registraron la condición corporal (CC, escala del 1 al 9), la altura a la cadera (AC) y el perímetro torácico (PT). Este tipo de evaluación es fundamental para determinar el crecimiento y desarrollo de los animales en función de diferentes tratamientos nutricionales y condiciones de manejo.

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico PROC MIXED del SAS, versión 9.2 (2008) para la separación de medias ajustada por Tukey.

La disponibilidad de forraje fue baja. Se planificó iniciar el ensayo al comienzo de la temporada de lluvias, la que no se materializó como se esperaba. Esta situación afectó la disponibilidad de recursos alimenticios para los animales, que a su vez influyó sobre los resultados.

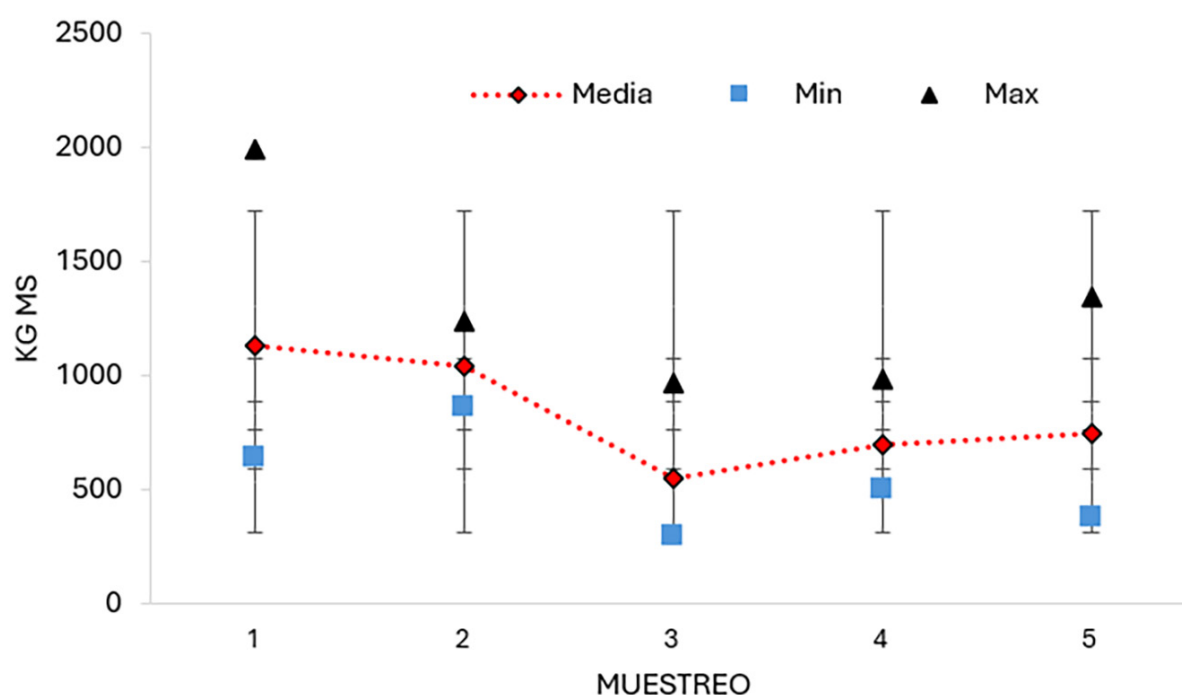


Figura 1. Disponibilidad en kg de MS a lo largo del ensayo, media, mínima, máxima y desvío estándar.

En la Figura 1, se presenta la media de los cinco potreros, junto con los datos de máxima y mínima. Se observa que, en el muestreo inicial, un solo potrero presentó una cantidad de MS superior a un desvío de la media, la disponibilidad fue bastante homogénea entre todos los potreros y tratamientos. En cuanto a la calidad del pasto, la energía metabolizable (EM) se encontró en un rango de 2,5 a 2,6 Mcal kg⁻¹ de MS, mientras que el contenido de PB varió entre 7,9% y 14,1% de MS. Estos valores reflejan la variabilidad en la calidad del forraje disponible para los animales durante el ensayo.

RESULTADOS

La evolución del PV y la GDP no mostraron diferencias significativas en función del tratamiento ($p>0,05$), como se detalla en la Tabla 1. Sin embargo, el tamaño del animal afectó ($p<0,01$) el PV inicial, final e

intermedios. La evolución del peso por grupo y tratamiento se puede observar en la Figura 2.

En la Figura 2 se observa que los animales de menor tamaño, con PV inicial promedio de $213 \pm 31,8$ kg, respondieron positivamente al recibir BIOSAL o la mezcla generada por INTA. En contraste, no se observaron diferencias significativas en los animales con un mayor PV inicial de $285 \pm 21,8$ kg ($p>0,05$).

El consumo de materia seca (CMS) del suplemento no mostró diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$). Sin embargo, se registró un incremento al consumir sales fortificadas en comparación con el grupo testigo, el suplemento MMN consumió 274% más, y para BIOSAL se incrementó en 509%. En cuanto a la conversión de kilogramos de suplemento necesarios para producir un kilogramo de GDP, tampoco se observaron diferencias significativas ($p>0,05$), como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 1. Efecto de los tratamientos sobre la evolución del peso vivo.

Variable	Tratamientos					Prob	
	Biosal	MMN	SAL	EE	TRAT	GRUPO	TxG
Peso Lleno, kg							
0	248	254	245	9,8	0,850	<0,01	0,964
21	261	270	252	10,1	0,727	<0,01	0,958
42	261	263	252	10,1	0,733	<0,01	0,960
63	264	270	256	9,5	0,580	<0,01	0,927
84	268	272	265	9,5	0,803	<0,01	0,899
Gan Llena, kg	0,24	0,22	0,22	0,03	0,851	0,554	0,685

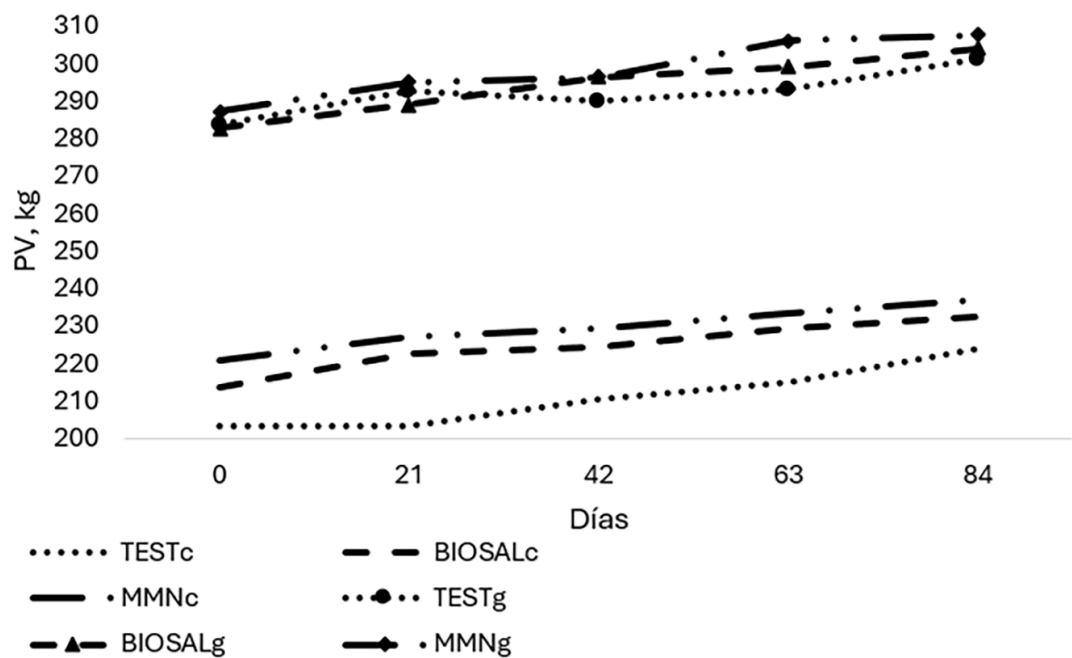


Figura 2. Evolución de peso vivo por grupo y tratamiento.

El efecto de la nutrición sobre el desarrollo de los animales medido mediante la AC se observa que los tratamientos no afectaron esta variable ($p>0,05$) (Tabla 3). Sin embargo, los animales que recibieron la mezcla mineral MMN crecieron más.

Otra forma de estimar el desarrollo es mediante la medición del PT, donde no se observó diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0,05$), como se indica en la Tabla 4.

Tabla 2. Efecto de los tratamientos sobre el consumo y la conversión alimenticia

Variable	Tratamientos				Prob
	Biosal	MMN	SAL	EE	TRAT
CMS (kg)	0,248	0,115	0,042	0,05	0,130
GDPV (kg)	0,238	0,226	0,218	0,02	0,776
CONV (kg/kg)	1,02	0,518	0,191	0,18	0,106

El efecto de la nutrición sobre el desarrollo de los animales medido mediante la AC se observa que los tratamientos no afectaron esta variable ($p>0,05$) (Tabla 3). Sin embargo, los animales que recibieron la mezcla mineral MMN crecieron más.

Otra forma de estimar el desarrollo es mediante la medición del PT, donde no se observó diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0,05$), como se indica en la Tabla 4.

Tabla 3. Cambios en la altura a la cadera provocada por los tratamientos.

Variable	Tratamientos					Prob GRUPO	TxG
	Biosal	MMN	SAL	EE	TRAT		
Alt (cm)							
Inicial	113,1	114	112,2	1,40	0,676	<0,01	0,608
Final	117,2	120,4	117,1	1,62	0,248	<0,01	0,975
^	4,1	6,4	4,9	1,22	0,374	0,06	0,630

La CC disminuyó de manera similar en los tres tratamientos ($p>0,05$), lo que indica que la alimentación fue deficitaria (Tabla 5). Se observó una interacción entre los tratamientos y grupos grande vs chico en el cambio de CC

($p<0,05$); en el tratamiento BIOSAL el grupo chico cambió más que el grupo grande mientras que en el tratamiento SAL fue al revés.

Tabla 4. Crecimiento del perímetro torácico para cada tratamiento.

Variable	Tratamientos					Prob GRUPO	TxG
	Biosal	MMN	SAL	EE	TRAT		
PT (cm)							
Inicial	142	145	144	2,46	0,547	<0,01	0,853
Final	146	146	144	2,25	0,787	<0,01	0,07
^	4	1	0	0,03	0,464	<0,05	0,957

DISCUSIÓN

La bibliografía cita que la administración de suplementos energético-proteicos, incluso en bajas cantidades, mejora la respuesta animal, debido a la mejor función ruminal, esta mejora permite aumentar la digestibilidad y como consecuencia el consumo de MS.

En el presente estudio, la baja oferta forrajera inicial y la falta de lluvias que no permitió el crecimiento produjo

una baja respuesta de los suplementos. Esta condición seguramente dificultó el incremento del consumo de pasto y por ende afectó al resto de las variables como la GDP, PT, AC y CC. Los trabajos realizados en confinamiento han demostrado que, cuando la oferta de pasto no es limitante, los animales que reciben suplementos energético-proteicos muestran un incremento en el consumo de pasto y en el consumo total. Esta respuesta se presenta de manera lineal, como lo describieron Kucseva y Balbuena (2010), donde

Tabla 5. Variación de la condición corporal debido a los tratamientos.

Variable	Tratamientos					Prob GRUPO	TxG
	Biosal	MMN	SAL	EE	TRAT		
CC, cm							
Inicial	4,1	3,9	3,9	0,21	0,756	0,027	0,173
Final	3,7	3,2	3,5	0,19	0,148	0,023	0,609
^	-0,4	-0,7	-0,4	0,22	0,521	0,790	<0,05

a mayor cantidad de suplemento administrado, mayor es el consumo total observado. La mezcla mineral MMN, en comparación con el grupo testigo, mostró un efecto significativo ($p<0,05$) sobre el consumo tanto de pasto como total, tanto en porcentaje de peso vivo (Balbuena et al. 2002a), este ensayo se llevó a cabo utilizando heno en condiciones de confinamiento.

En el trabajo realizado por Valente et al. (2011), se utilizaron varios tratamientos, incluyendo un control con sal mineral, una sal nitrogenada compuesta por 50% de maíz, 25% de urea y 25% de sal mineral y suplementos con diferentes niveles de VP. Los tratamientos con bajo nivel de VP contenían 73,5% de maíz, 0% de harina

de soja, 1,5% de carbonato de calcio, 12,5% de urea y 12,5% de mezcla mineral; con medio VP incluían 40,6% de maíz, 46,15% de harina de soja, 0,75% de carbonato de calcio, 6,25% de urea y 6,25% de mezcla mineral; y los de alto VP consistían en 30,8% de maíz, 60,36% de harina de soja, 0,5% de carbonato de calcio, 4,17% de urea y 4,17% de mezcla mineral. Los resultados mostraron que tanto el nivel de consumo del suplemento como el peso final, la ganancia total en kg y la GDP se incrementaron linealmente ($p<0,05$) a medida que disminuyó el contenido de urea en el suplemento. Durante el verano, con la pastura en activo crecimiento, Balbuena et al. (2000) compararon el efecto de la mezcla mineral INTA frente a un grupo

testigo, que recibía solo mineral, en la recría de novillos con un peso vivo inicial de 211 kg, alimentados con pasto pangola o setaria. Los resultados mostraron que la mezcla MMN mejoró la GDP vivo, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p>0,05$). Este suplemento incrementó en la GD lo que se atribuye al aumento en el consumo de forraje, como se describió anteriormente por el mismo grupo de investigación.

En condiciones de lluvias y activo crecimiento de forrajes tropicales, generalmente no se observan deficiencias en PB. Sin embargo, se han documentado beneficios del uso de NNP para la suplementación del ganado en pastoreo (Zervoudakis et al. 2008, Costa et al. 2011b, Figueiras et al. 2015). Durante esta temporada, los efectos del nitrógeno suplementario se consideran principalmente metabólicos, a diferencia de la estación seca, donde su función principal es mejorar la actividad microbiana en el rumen (Detmann et al. 2014b). Costa et al. (2011c) coinciden con los resultados al administrar NNP en el trópico durante la temporada de lluvias. Estudios realizados por Costa et al. (2011b) en los trópicos han demostrado que la suplementación con NNP mejora la concentración de nitrógeno amoniacal ruminal (NAR) y reduce la participación de nitrógeno reciclado en relación con el nitrógeno total asimilado por el rumen (Batista et al. 2016). Además, la suplementación con nitrógeno puede aumentar la disponibilidad total de esta fracción para fines anabólicos, ya sea mediante un suministro directo o al disminuir la degradación de las proteínas musculares (Detmann et al. 2014b, Lazzarini et al. 2016). De este modo, el uso de energía metabolizable del forraje podría incrementarse gracias a la suplementación con nitrógeno. En relación con la calidad de la VP frente al NNP, estudios realizados en Brasil han demostrado que la inclusión de este último en el suplemento para ganado alimentado con pastos tropicales mejora el consumo de forraje hasta alcanzar niveles de PB cercanos al 10% (Figueiras et al. 2010, Sampaio et al. 2010). A partir de este nivel de PB en la dieta, se satisfacen las necesidades de nitrógeno necesarias para estimular la digestión del forraje (Detmann et al. 2014a).

La inclusión de recursos energéticos adicionales, especialmente en forma de CFF, podría tener un impacto negativo en el desempeño de los rumiantes durante la época de lluvias. Esto se debe a que podría alterar el equilibrio energético-proteico de la dieta, generando limitaciones metabólicas que resultarían en una disminución de la retención de nitrógeno en los animales (Costa et al. 2011a, Detmann et al. 2014b). Sin embargo, la información sobre el efecto de la inclusión de recursos adicionales de nitrógeno y energía en el uso de forraje basal para el pastoreo de ganado vacuno durante esta temporada es variable, ya que, en ciertos momentos, la combinación de estos suplementos puede producir efectos positivos. Cuando se utilizó suplemento con almidón y CFF, se observó un efecto negativo sobre la digestibilidad de la fibra detergente neutro, ya que esto afecta el crecimiento de las bacterias fibrolíticas (El-Shazly et al. 1961, Arroquy et al. 2005, Carvalho et al. 2011). Sin embargo, al combinar almidón con compuestos nitrogenados, se evitaban estos efectos nocivos. Esto sugiere que el suministro de nitrógeno minimiza la competencia entre especies

microbianas en el rumen, permitiendo que la digestibilidad de la fibra detergente neutro sea comparable a la de los animales no suplementados (Lazzarini et al. 2016). Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Heldt et al. (1999) y Arroquy et al. (2004), quienes encontraron que un suministro adecuado de proteína degradable en el rumen para ganado alimentado con forraje de baja calidad puede contrarrestar los efectos adversos del uso de CFF sobre la digestión de la fibra. Se observó un aumento en la digestibilidad de la materia orgánica al combinar almidón y nitrógeno, lo que sugiere una interacción beneficiosa entre ambos compuestos para su utilización en el rumen. Esta combinación parece mejorar la calidad microbiana necesaria para la asimilación de nitrógeno adicional, evidenciada por la disminución de su concentración en comparación con animales que solo recibieron nitrógeno. Además, esta mezcla en el suplemento permitió incrementar el consumo de materia orgánica digestible, lo que tuvo un efecto positivo en la ingesta total de energía (Lazzarini et al. 2016).

Se ha observado que el balance de nitrógeno mejora al combinar en el suplemento nitrógeno y almidón. Aunque la suplementación con NNP solo o con PB, también produce mejoras, el almidón contribuye de manera parcial. Esta combinación resulta en un aumento del nitrógeno microbiano (NM), lo que a su vez mejora el suministro de proteínas metabolizables (MP) Lazzarini et al. (2016). Detmann et al. (2015) utilizaron un enfoque meta-analítico para cuantificar los impactos del aumento del NM debido al nitrógeno suplementario y su efecto en el balance de nitrógeno en los trópicos. Estos autores encontraron que, incluso con suplementos a base de NNP, la mejora en la producción NM representaba solo el 21% de la mejora en el balance. Esto sugiere la aparición de trastornos postdigestivos y metabólicos, efectos que están asociados con la PB suplementaria, como han observado otros investigadores en la región tropical (Costa et al. 2011b, Rufino 2011, Detmann et al. 2014b).

La suplementación basada en almidón y nitrógeno para el ganado en pastoreo en zonas tropicales durante la temporada de lluvias muestra interacciones que mejoran tanto la digestión como la retención de nitrógeno por los animales (Lazzarini et al. 2016). El rebrote del pasto generó un aumento significativo en la disponibilidad de nitrógeno en la dieta, predominando la fracción de rápida degradabilidad ruminal. Esto permitió mantener altos niveles de amoníaco ruminal; sin embargo, no aseguraba un flujo adecuado de VP al intestino (Poppi y McLennan 1995). En consecuencia, la deficiencia dietética de proteínas se traduce en una deficiencia de proteína metabolizable (Detmann et al. 2005).

En el ensayo de Valente et al. (2011), los animales suplementados mostraron una GDP menor durante el rebrote en comparación con los del tratamiento control. Este fenómeno se atribuyó, en parte, a una mayor ingesta de PB, especialmente de la fracción soluble. Este exceso de amoníaco en el rumen provocó un gasto adicional de energía para su excreción en forma de urea a través de la orina. En el trabajo realizado por Balbuena et al. (2002b), observaron que la suplementación energética-proteica, administrada 6 o 3 veces por semana a un nivel equivalente

al 0,7% PV en destetes, produce respuestas similares en la GDP, incluso en condiciones de baja oferta forrajera. Esto permite una recría aceptable durante el primer invierno de vida del animal. Esta estrategia de suplementación no solo optimiza el uso de recursos, sino que también ayuda a reducir los costos de distribución, lo que es crucial para la sostenibilidad en sistemas de producción ganadera.

La ausencia de respuesta observada probablemente se debió a las condiciones climáticas que impidieron el rebrote de la pastura y en consecuencia que se manifesten los beneficios de la suplementación con sales minerales fortificadas. Sería recomendable repetir el experimento bajo condiciones ambientales más favorables para evaluar adecuadamente su efecto.

ORCID

Kucseva, C.D.  <https://orcid.org/0000-0003-2248-9823>

Slanac, A.L.  <https://orcid.org/0000-0001-6107-1353>

Pamies, M.E.  <https://orcid.org/0009-0007-9882-2051>

Prieto, P.N.  <https://orcid.org/0009-0007-0421-8276>

REFERENCIAS

1. Arroquy JI, Cochran RC, Villareal M, Wickersham TA, Llewellyn DA, Titgemeyer EC, Nagaraja TG, Johnson DE, Gnad D. Effect of level of rumen degradable protein and type of supplemental non-fiber carbohydrate on intake and digestion of low-quality grass hay by beef cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2004; 115: 83-99.
2. Arroquy JI, Cochran RC, Nagaraja TG, Titgemeyer EC, Johnson DE. Effect of types of non-fiber carbohydrate on in vitro forage fiber digestion of low-quality grass hay. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2005; 120: 93-106.
3. Balbuena O, Gándara RF, Kucseva CD, Stahringer RC, Picallo AB, Carduza FJ. Mezcla mineral completa y mezcla mineral fortificada con urea para vaquillas de reposición durante el verano. 2000.
4. Balbuena O, Kucseva CD, Slanac AL, Koza GA, Schreiner J, Navamuel M, Stahringer R C, D'Agostini A. Suplementación invernal de destetes con una mezcla de semilla de algodón y pellet de afrechillo de trigo suministrado seis y tres veces por semana. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.* 2002a; 028. Disponible en: www.vet.unne.edu.ar
5. Balbuena O, Kucseva CD, Gándara FR, Stahringer RC, Slanac AL, Rochinotti D, Schreiner J. Mezcla mineral y mezcla mineral con nitrógeno para la recría de bovinos en pastos tropicales. *Rev. Arg. Prod. Animal.* 2002b; 22 (Supl. 1):19-21.
6. Batista ED, Detmann E, Titgemeyer EC, Valadares Filho SC, Valadares RFD, Prates LL, Rennó LN, Paulino MF. Effects of varying ruminally undegradable protein supplementation on forage digestion, nitrogen metabolism, and urea kinetics in Nelore cattle fed low-quality tropical forage. *J. Anim. Sci.* 2016; 94: 201-216.
7. Beauchemin KA, Rode LM. En: *Animal Science Research Development. Meeting Future Challenges. InProc. Can. Soc. Anim. Sci. Meeting.* LM Rode (Ed.). Lethbridge, Alberta 1996.
8. Caja G, García EG, Flores C, Carro MD, Albanell E. Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos. En: 19. Curso de Especialización "Avances en nutrición y alimentación animal". 2003; pp. 212. Disponible en: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01600239>
9. Carvalho IPC, Detmann E, Mantovani HC, Paulino MF, Valadares Filho SC, Costa VAC, Gomes DI. Growth and antimicrobial activity of lactic acid bacteria from rumen fluid according to energy or nitrogen source. *Rev. Bras. Zootec.* 2011; 40: 1260-1265.
10. Castro WJR, de Castro MC, Fernandes GA, Fernandes FF, Borges VT, Mousquer CJ, Simioni TA, de Mattos Negrão F. Suplementação de bovinos na seca. *Pubvet.* 2014; 8(5): 0444-586.
11. Costa VAC, Detmann E, Paulino EMF, Valadares Filho SCV, Carvalho IPC, Monteiro LP. Intake and digestibility in cattle under grazing during rainy season and supplemented with different sources of nitrogenous compounds and carbohydrates. *Rev. Bras. Zootec.* 2011a; 40: 1788-1798.
12. Costa VAC, Detmann E, Paulino EMF, Valadares Filho SCV, Henriques LT, Carvalho IPC. Total and partial digestibility and nitrogen balance in grazing cattle supplemented with non-protein and, or true protein nitrogen during the rainy season. *Rev. Bras. Zootec.* 2011b; 40: 2815-2826.
13. Costa VAC, Detmann E, Paulino EMF, Valadares Filho SCV, Henriques LT, Carvalho IPC, Valente TNP. Intake and rumen dynamics of neutral detergent fiber in grazing cattle supplemented with non-protein nitrogen and, or true protein during the rainy season. *Rev. Bras. Zootec.* 2011c; 40: 2805-2814.
14. Detmann E, Paulino MF, Cecon PR, Valadares Filho SD, Zervoudakis JT, Cabral LD, Leão MI, Lana RD, Ponciano NJ. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: consumo voluntário e trânsito de partículas. *Rev. Bras. Zootec.* 2005; 34: 1371-1379.
15. Detmann E, Paulino EMF, Valadares Filho SCV, Huhtanen P. Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: A review based on Brazilian results. *Semin- Cienc. Agrar.* 2014a; 35: 2829-2854.
16. Detmann E, Valente EEL, Batista ED, Huhtanen P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livest. Sci.* 2014b; 162: 141-153.
17. Detmann E, Batista ED, Franco MO, Rufino LMA, Reis WLS, Paulino MF, Valadares Filho SC, Sampaio CB. Contribution of the rumen microbial nitrogen obtained using supplementation to the body accretion of nitrogen in cattle fed tropical forages. En: III Simpósio Matogrossense de Bovinocultura de Corte, Cuiabá, Brazil. 2015; pp. 1-3.
18. El-Shazly K, Dehority BA, Johnson RR. Effect of starch on the digestion of cellulose *in vitro* and *in vivo* by rumen microorganisms. *J. Anim. Sci.* 1961; 20: 268-273.

19. Figueiras JF, Detmann E, Paulino MF, Valente TN, Valadares Filho SD, Lazzarini I. Intake and digestibility in cattle under grazing supplemented with nitrogenous compounds during dry season. *Rev. Bras. Zootec.* 2010; 39: 1303-1312.
20. Figueiras JF, Detmann E, Valadares Filho SC, Paulino MF, Batista ED, Rufino LMA, Valente TNP, Reis WLS, Franco MO. Nutritional performance of grazing cattle during dry-to-rainy transition season with protein supplementation. *Arch. Zootec.* 2015; 64: 269-276.
21. Figueiredo DM, Oliveira AS, Sales MFL. Análise econômica de quatro estratégias de suplementação para recría e engorda de bovinos em sistema pasto-suplemento. *Rev. bras. zootec.* 2007; 36(5): 1443-1453.
22. Heldt JS, Cochran RC, Mathis CP, Woods BC, Olson KC, Titgemeyer EC, Nagaraja TG, Vanzant ES, Johnson DE. Effects of level and source of carbohydrate and level of degradable intake protein on intake and digestion of low-quality tallgrass-prairie hay by beef steers. *J. Anim. Sci.* 1999; 77: 2846-2854.
23. Hristov AN, McAllister TA, Cheng KJ. Exogenous enzymes for ruminants. *En: Proceedings of 17th Western Nutrition Conference.* Edmonton, Alberta 1996 (pp. 51-61).
24. Kuceva CD, Balbuena O. Efectos de la suplementación sobre el consumo de pastos tropicales. jornadas proyecto nacional de nutrición animal, programa nacional carnes, proyecto integrado nutrición. ISBN N° 978-987-1623-96-9. 2010; 47-57.
25. Lazzarini I, Detmann E, Campos Valadares Filho S, Paulino MF, Batista ED, Almeida Rufino LM, dos Reis WLS, Oliveira FM. Nutritional performance of cattle grazing during rainy season with nitrogen and starch supplementation. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 2016; 29 (8): 1120-1128.
26. Lopes S'Thiago LR, Marques da Silva J, Franceschi Nicodemo ML. Suplementação de bovinos na seca para manutenção e ganho de peso. 2000; Disponible en: <https://old.cnpgc.embrapa.br/eventos/2000/12encontro/apostila2.html>. acceso 17 oct 2024.
27. Newbold CJ. *En: International one-day seminar: role of probiotics in animal nutrition and their link to the demands of european consumers.* ID-Lelystad; 2003.
28. Paulino MF, Detmann E, Zervoudakis JT. Suplementos múltiplos para recría e engorda de bovinos em pastejo. *Simpósio de produção de gado de corte.* 2001; 2:187-231.
29. Paulino MF, Detmann E, Valente EE, Barros LD. Nutrição de bovinos em pastejo. *Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem.* 2008; 4(2008): 131-169.
30. Poppi DP, McLennan SR. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.* 1995; 73(1): 278-90.
31. Rufino LMA. Ruminal and/or abomasal nitrogenous supplementation in cattle fed tropical forage. M.Sc. Thesis, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. 2011.
32. Sampaio CB, Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, de Souza MA, Lazzarini I, Rodrigues Paulino PV, de Queiroz AC. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Trop. Anim. Health Prod.* 2010; 42: 1471-1479.
33. Valente EEL, Paulino MF, Detmann E, Valadares Filho SC, Barros LV, Acedo TS, Couto VRM, Lopes SA Levels of multiple supplements or nitrogen salt for beef heifers in pasture during the dry season. *R. Bras. Zootec.* 2011; 40(9): 2011-2019.
34. van Vuuren AM, Rochet B. Role of probiotics in animal nutrition and their link to the demands of european consumers. ID-Lelystad; 2003.
35. Yang WZ, Beauchemin KA, Rode LM. Effects of an enzyme feed additive on extent of digestion and milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1999; 82(2): 391-403.
36. Zervoudakis JT, Paulino MF, Cabral LD, Detmann E, Valadares Filho SD, Moraes EH. Multiple supplements of self controlled intake for steers during the growing phase in the rainy season. *Ciênc. Agrotec.* 2008; 32: 1968-1973.