

Original

# Consumo de fragmentos proteicos y digestibilidad de proteína en dietas suministradas a bovinos Chino Santandereano

David Contreras-Marquez<sup>1\*</sup>  Ph.D; Juan Quintero-Pardo<sup>1</sup>  Zoot; Edwin Correa-Rojas<sup>1</sup>  M.Sc;  
Emiro Canchila-Asencio<sup>2</sup>  Ph.D; Heidy Gutiérrez-Zocadagui<sup>1</sup>  Zoot.

<sup>1</sup>Universidad de Cundinamarca, Facultad de ciencias agropecuarias. Programa de zootecnia. Laboratorio de nutrición animal, grupo de investigación GIFBA, Fusagasugá, Colombia.

<sup>2</sup>Instituto Universitario de la Paz, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Grupo de investigación CIDICA, Barrancabermeja, Colombia.

\*Correspondencia: [davidestebas@hotmail.com](mailto:davidestebas@hotmail.com)

Recibido: Noviembre 2019; Aceptado: Junio 2020; Publicado: Agosto 2020.

## RESUMEN

**Objetivo.** Cuantificar la concentración y consumo de los fragmentos de la proteína (NNP, PV, PVAD, PVLID, PIDN y PIDA) presente en la dieta suministrada a bovinos y su efecto en la digestibilidad de la proteína bruta. **Materiales y métodos.** Fueron analizadas dietas ofrecidas a bovinos Chino Santandereano en estabulación, recibiendo diferentes niveles de suplementación, utilizando cuatro animales en delineamiento en cuadrado latino 4x4, siendo los tratamientos: NS, no suplementados; BAJO, suplementados con cantidad relativa al 0.5% del peso corporal; MEDIO, suplementados con cantidad relativa al 1.0% del peso corporal; ALTO, suplementados con cantidad relativa al 1.5% del peso corporal. El consumo fue determinado diariamente y la digestibilidad a través de colecta total de heces en los dos últimos días de cada periodo. **Resultados.** Mayor concentración de proteína bruta fue encontrada en suplemento en comparación con el pasto ( $p < 0.001$ ), exhibiendo el forraje mayor concentración de PBNP ( $p < 0.001$ ), a la vez que el suplemento presentó concentración más elevada de PV ( $p < 0.001$ ) y PVAD ( $p = 0.027$ ). Animales suplementados presentaron mayor consumo de PB, PBNP ( $p = 0.037$ ), PV, PIDN, PVAD, PIDA y PVLID ( $p < 0.05$ ), no obstante, cuando se determinó la concentración que representa el consumo de PIDA en el consumo de PB, no se observó diferencia entre suplementados y NS ( $p = 0.078$ ). Mayor digestibilidad de la PB fue encontrada en animales suplementados cuando contrastados con NS ( $p < 0.001$ ), observándose entre tratamientos suplementados un efecto lineal ascendente a medida que aumentó el nivel de suplementación. **Conclusiones.** La suplementación mejora la digestibilidad de la proteína bruta por aportar mayor cantidad de fragmentos nitrogenados de alta digestibilidad.

**Palabras clave:** Fibra; nitrógeno; nutrición animal; suplementos de proteína; rumiantes (*Fuentes: CAB*).

### Como citar (Vancouver).

Contreras-Marquez DE, Quintero-Pardo JS, Correa-Rojas ED, Canchila-Asencio ER, Gutiérrez-Zocadagui HY. Consumo de fragmentos proteicos y digestibilidad de proteína en dietas suministradas a bovinos Chino Santandereano. Rev MVZ Córdoba. 2020; 25(3):e1876. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1876>



©El (los) autor (es), Revista MVZ Córdoba 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

## ABSTRACT

**Objective.** To quantify the concentration and consumption of the protein fragments (NPN, TP, RDTP, SDTP, NDIP, and ADIP) present in the diet supplied to cattle, and its effect on the digestibility of crude protein. **Materials and methods.** Diets offered to Chino Santandereano cattle in stables were analyzed, receiving different levels of supplementation, using four animals in the 4x4 Latin square outline, the treatments being: NS, not supplemented; LOW, supplemented with an amount relative to 0.5% of body weight; MEDIUM, supplemented with an amount relative to 1.0% of body weight; HIGH, supplemented with a quantity relative to 1.5% of body weight. Consumption was determined daily, and digestibility through total stool collection in the last two days of each period. **Results.** A higher concentration of crude protein was found in supplement compared to grass ( $p < 0.001$ ), the forage exhibiting a higher concentration of CPNPN ( $p < 0.001$ ), at the same time, that the supplement presented higher concentration of TP ( $p < 0.001$ ) and RDTP ( $p = 0.027$ ). Supplemented animals presented higher consumption of CP, CPNPN ( $p = 0.037$ ), TP, NDIP, RDTP, ADIP and SDTP ( $p < 0.05$ ), however, when the concentration that represents the consumption of ADIP in the consumption of CP was determined, no difference was observed between supplemented and NS ( $p = 0.078$ ). Higher digestibility of CP was found in supplemented animals when contrasted with NS ( $p < 0.001$ ), an upward linear effect was observed between supplemented treatments as the level of supplementation increased. **Conclusions.** Supplementation improves the digestibility of crude protein by providing a greater amount of highly digestible nitrogenous fragments.

**Keywords:** Animal nutrition; fiber; nitrogen; protein supplements; ruminants (*Sources: CAB*).

## INTRODUCCIÓN

Las proteínas son uno de los macronutrientes de mayor importancia en el metabolismo animal, hacen parte de la estructura de órganos, tejidos, enzimas y son fuente de nitrógeno para los microorganismos ruminales. Estas deben estar presente en la dieta en cantidades que permitan satisfacer las exigencias del animal.

Los requerimientos de proteína normalmente son calculados a base de proteína bruta (PB), metabolizable (PM) y neta (PN). En este sentido, utilizar la proteína bruta como cantidad a satisfacer podría generar resultados productivos inesperados, una vez que la proteína bruta podría no generar la cantidad necesaria de proteína metabolizable, dada la variedad que puede existir en la calidad de la proteína ofertada, asociada al grado de digestibilidad de cada una de sus partes (1).

El nitrógeno presente en las proteínas ha sido clasificado de acuerdo con el grado de disponibilidad en fracciones A, B1, B2, B3 y C (2). "A", representa el nitrógeno no proteico (NPN), fracción altamente degradable a nivel ruminal; "C", representa la fracción indisponible de la proteína bruta, por estar adherida a la fibra insoluble en detergente ácido (FDA), recibiendo el nombre de proteína insoluble en detergente ácido (PIDA). La fracción "B", representa gran

parte de la proteína verdadera (PV), determinada por diferencia entre la PB menos la fracción A; la fracción "B3", representa la proteína verdadera de lenta degradabilidad (PVLAD), determinada por diferencia entre la proteína adherida a fibra insoluble en detergente neutro (FDN), denominada proteína insoluble en detergente neutro (PIDN) menos la PIDA. La fracción "B1", representa la PV altamente digestible (PVAD) determinada por la diferencia entre la PV menos PIDN. La fracción "B2", representa la proteína con tasa de degradación intermedia, correspondiente al nitrógeno restante (3).

Materias primas utilizadas en la alimentación animal, cuya proteína contenga elevadas concentraciones de fracciones indigestibles o de lenta degradabilidad, podrían comprometer el aporte de proteína metabolizable y el desempeño productivo de animales rumiantes (4).

Bovinos criados a pasto normalmente presentan ingesta de proteína limitada (1), debido a la baja concentración de este componente nutricional en la gran mayoría de gramíneas tropicales. Adicional a esto, la proteína presente en el forraje podría presentar elevada concentración de fracciones nitrogenadas de lenta degradación e indigestibles, dada la elevada proporción de FDN y FDA en la materia seca de las pasturas (5,6). En este sentido, la suplementación con materias primas con elevada concentración

proteica y energética, y baja concentración de fibra, podrían mejorar la digestibilidad de la proteína, bajo el presupuesto de contener menor concentración de fracciones nitrogenadas adheridas a fibra (7).

Bovinos Chino Santandereano tal vez no consiguen expresar todo el potencial productivo estipulado por la genética, en función de no maximizar la degradación de los componentes nutricionales presentes en las pasturas ingeridas. De acuerdo con Lazzarini (8), la suplementación podría aumentar el aprovechamiento de los componentes nutricionales y el desempeño productivo.

Por consiguiente, este estudio fue realizado con el objetivo de cuantificar el consumo de los fragmentos de la proteína bruta (NNP, PV, PVAD, PVLD, PIDN y PIDA) presentes en la dieta suministrada a bovinos Chino Santandereano, y su efecto en la digestibilidad de la proteína bruta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización, delineamiento experimental y dietas.** El experimento fue realizado en la estación agraria Santa Lucía del Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Santander-Colombia.

Fueron utilizados cuatro animales de la raza Chino Santandereano en delineamiento en cuadrado latino equilibrado 4×4, siendo los tratamientos: NS, no suplementados; BAJO, suplementados con cantidad relativa al 0.5% del peso corporal (PC); MEDIO, suplementados con cantidad relativa al 1.0% del PC; ALTO, suplementados con cantidad relativa al 1.5% del PC. El suplemento ofertado estuvo compuesto por harina de soya (34.34%), torta de palmiste (10%), grano de maíz molido (27.33%) y salvado de arroz (27.33%), formulada para aportar 25% de PB con base en la materia seca. Además del suplemento, todos los animales, independientemente del tratamiento aplicado, recibieron heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae) y sal mineralizada *ad libitum*.

Durante la investigación los animales permanecieron en ballas individuales de 3m<sup>2</sup>, con techo cubierto y disposición de comederos saladeros, bebederos y mallas para el suministro controlado de forraje. Heno y suplemento fue ofertado de manera diario en dos raciones siempre a las 07:00 y 15:00 horas.

**Procedimientos experimentales.** La investigación tuvo duración de 115 días, correspondientes a cuatro periodos de 25 días cada uno, más un intervalo de cinco días entre los periodos experimentales, para disminuir los efectos residuales de los tratamientos aplicados, rotando los individuos entre los tratamientos al finalizar cada periodo. Los primeros 22 días de cada periodo experimental fueron destinados a adaptación de los animales a la dieta total, y los tres días restantes, destinados a la colecta de muestras de heno, suplemento y heces, enviadas al laboratorio de nutrición animal de la Universidad de Cundinamarca para posteriores análisis químicos.

El consumo de heno y suplemento fue cuantificado diariamente durante los 25 días de cada periodo, por la diferencia entre la cantidad ofertada y las sobras presentes en los comederos 24 horas posteriores a la oferta de cada uno de los alimentos. El consumo de proteína fue estimado utilizando la siguiente ecuación (E1) (9).

$$CPB = ((CMSH \times \%PBH) + (CMSS \times \%PBS)) \quad (E1)$$

Donde,  
CMSH: consumo de materia seca a partir de la dieta basal;  
%PBH: concentración de proteína bruta en la dieta basal;  
CMSS: consumo de materia seca de suplemento;  
%PBS: concentración de proteína bruta en el suplemento.

El consumo de cada fragmento de proteína bruta fue estimado utilizando la siguiente ecuación (E2) (9).

$$CY = ((CPBH \times \%YH) + (CPBS \times \%YS)) \quad (E2)$$

Donde,  
CY: consumo de fragmento proteico (PV, NNP, PVAD, PIDN, PIDA y PVLD);  
CPBH: consumo de proteína bruta oriunda de la dieta basal;  
%YH: concentración del fragmento en la proteína bruta de la dieta basal; CPBS: consumo de proteína bruta de suplemento y  
%YS: concentración del fragmento en la proteína bruta del suplemento.

Para cuantificar la excreción de heces, fue realizada durante los dos últimos días de cada periodo experimental, colecta total de heces, tomadas del piso en concreto inmediatamente después de la defecación y determinando la excreción como el resultado del promedio de

la cantidad de heces durante los dos días de colecta. La excreción proteica fue estimada utilizando la siguiente ecuación (E3) (9).

$$EPB = (CTMSE \times \%PBHC) \quad (E3)$$

Donde,

EPB: excreción de proteína bruta;

CTMSE: cantidad de materia seca excretada;

%PBHC: concentración de proteína bruta en las heces.

La digestibilidad de la proteína bruta fue calculada utilizando la siguiente ecuación (E4) (9).

$$DPB = ((CPB - EPB) / CPB) \times 100 \quad (E4)$$

**Análisis químico.** Muestras de heno, suplemento y heces fueron analizadas para determinar concentraciones de materia seca (MS) (INCT-CA G-003/1) y proteína bruta (PB) (INCT-CA N-001/1). Adicional, muestras de heno y suplemento fueron analizadas para cuantificar la concentración en la PB de nitrógeno no proteico (NNP) y proteína verdadera (PV) (INCT-CA N-002/1), proteína insoluble en detergente neutro (PIDN) (INCT-CA N-004/1) como consecutivo al análisis de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) (INCT-CA F-002/1), proteína insoluble en detergente *ácido* (PIDA) (INCT-CA N-005/1) como consecutivo al análisis de fibra insoluble en detergente *ácido* (FDA) (INCT-CA F-004/1) (10).

Proteína verdadera altamente digestible (PVAD) fue determinada utilizando la siguiente ecuación (E5) (9).

$$PVAD = (PB - (PBNNP + PIDN)) \text{ o } (PV - PIDN) \quad (E5)$$

Donde,

PBNNP: proteína bruta oriunda del nitrógeno no proteico.

PVLD fue determinada utilizando la siguiente ecuación (E6) (9).

$$PVLD = (PIDN - PIDA) \quad (E6)$$

**Análisis estadístico.** Para todos los procedimientos estadísticos fue utilizado el software R versión 3.6.1, asumiendo una significancia de  $p < 0.05$ . Todos los resultados obtenidos de las variables estudiadas fueron

sometidos a ANOVA, Kruskal-Wallis para la comprobación de la normalidad y Levene's para homogeneidad de las varianzas. Posteriormente se realizó descomposición de la suma de cuadrados a través de contrastes ortogonales, construidos en orden de evaluar los efectos de la suplementación, y los efectos lineal y cuadrático de los niveles de suplemento ofrecido (0.5, 1.0 y 1.5% del PC). Para las variables que no presentaron efectos entre tratamientos suplementados y NS, pero efecto lineal o cuadrático significativo, una prueba de Dunnett's fue realizada para identificar si un tratamiento suplementado difería del tratamiento NS.

## RESULTADOS

**Fraccionamiento de proteína presente en heno y suplemento.** El heno presentó mayor concentración de FDN y FDA cuando comparado con el suplemento ( $p < 0.001$ ). Mayor concentración de proteína bruta ( $p < 0.001$ ), PV ( $p < 0.001$ ) y PVAD ( $p = 0.027$ ) fue encontrada en suplemento en comparación con heno. Sin embargo, el heno presentó mayor concentración de PBNNP ( $p < 0.001$ ), sin diferencias entre las dos materias primas en cuanto a las concentraciones de PIDN ( $p = 0.544$ ), PIDA ( $p = 0.118$ ) y PVLD ( $p = 0.220$ ) (Tabla 1).

Cuando se determinó la concentración que representa la PIDA dentro de la PIDN, igualmente no se observó diferencia ( $p = 0.188$ ) entre heno y suplemento (Tabla 1).

**Consumo de fracciones nitrogenadas de mediana y alta digestibilidad.** Para las variables consumo de PB, PBNNP, PV y PVAD proveniente del heno, no se observó diferencia entre animales suplementados y no suplementos, sin embargo, efecto lineal descendente fue observado para PB y PV del heno a medida que aumentó el nivel de suplementación ( $p < 0.05$ ) (Tabla 2).

Mayor consumo de PB, PBNNP, PV y PVAD de suplemento y dieta total fue observado en animales suplementados cuando contrastados con no suplementados ( $p < 0.05$ ), encontrándose efecto lineal ascendente para consumo de PB, PV y PVAD de suplemento y dieta total ( $p < 0.001$ ) a medida que aumentó el nivel de suplementación (Tabla 2).

**Tabla 1.** Composición de la proteína bruta presente en heno y suplemento ofertado a bovinos Chino Santandereano en estabulación.

Ítem	Heno				SEM	Media	Suplemento				SEM	Media	p-value
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			
FDN, %MS	85.90	84.26	84.27	85.42	0.990	84.962 <sup>a</sup>	49.09	53.61	55.23	51.37	0.990	52.331 <sup>b</sup>	<0.001
FDA, %MS	83.06	84.16	83.06	84.90	0.992	83.795 <sup>a</sup>	42.55	48.10	48.09	45.27	0.992	46.004 <sup>b</sup>	<0.001
PB, %MS	5.74	5.73	5.77	6.02	0.067	5.815 <sup>b</sup>	22.64	26.40	27.32	25.35	1.013	25.429 <sup>a</sup>	<0.001
PBNNP, %PB	24.86	29.04	29.07	24.42	1.277	26.846 <sup>a</sup>	6.95	2.55	3.99	14.48	2.658	6.996 <sup>b</sup>	<0.001
PV, %PB	75.15	70.96	70.93	75.57	1.277	73.154 <sup>b</sup>	93.05	97.45	96.01	85.52	2.658	93.004 <sup>a</sup>	<0.001
PIDN, %PB	69.17	57.42	61.66	62.19	2.434	62.608	68.54	69.22	63.41	58.32	2.539	64.869	0.544
PVAD, %PB	5.97	13.55	9.27	13.39	3.998	10.546 <sup>b</sup>	24.51	28.23	32.60	27.20	1.681	28.135 <sup>a</sup>	0.027
PIDA, %PB	50.33	52.98	50.52	54.50	1.008	52.082	50.72	38.49	47.60	49.84	2.802	46.666	0.118
PVLD, %PB	18.84	4.44	11.14	7.69	3.942	10.527	17.82	30.73	15.57	8.48	3.942	18.150	0.220
PIDA, %PIDN	72.76	92.28	81.93	87.63	4.201	83.652	74.01	55.61	75.08	85.47	6,206	72.542	0.188

PB: proteína bruta; PBNNP: proteína oriunda de fuentes nitrogenadas no proteicas; PV: proteína verdadera; PIDN: proteína insoluble em detergente neutro; PVAD: proteína verdadera altamente disponible; PIDA: proteína insoluble en detergente ácido. <sup>a,b,c</sup> letras diferentes denotan diferencia estadística  $p < 0.05$  entre heno y suplemento.

**Tabla 2.** Consumo de fragmentos de mediana y alta disponibilidad, que hacen parte de la proteína bruta presente en heno y suplemento ofertado a bovinos Chino Santandereano en estabulación.

Ítem	Tratamientos				SEM	p-value, Contrastes		
	NS	Bajo	Medio	Alto		SP vs NS	L	Q
PB-Heno, gr	342.97	362.32	323.13	283.50	34.49	0.491	0.011	0.992
PB-Suplemento, gr	0.00	360.79	704.14	1012.85	56.97	<0.001	<0.001	0.746
PB-Total, gr	342.97	723.11	1027.27	1296.34	66.06	<0.001	<0.001	0.777
PBNNP-Heno, gr	93.26	97.69	87.40	76.78	14.42	0.622	0.117	0.988
PBNNP-Suplemento, gr	0.00	25.73	49.41	73.64	28.04	0.044	0.159	0.992
PBNNP-Total, gr	93.26	123.42	136.81	150.42	22.88	0.037	0.286	0.995
PV-Heno, gr	249.71	264.62	235.73	206.72	20.84	0.426	0.002	0.995
PV-Suplemento, gr	0.00	335.06	654.73	939.21	49.50	<0.001	<0.001	0.730
PV-Total, gr	249.71	599.69	890.46	1145.93	57.58	<0.001	<0.001	0.755
PVAD-Heno, gr	35.49	37.73	34.31	29.88	8.28	0.826	0.365	0.944
PVAD-Suplemento, gr	0.00	101.75	198.90	286.92	28.15	<0.001	<0.001	0.870
PVAD-Total, gr	35.49	139.48	233.21	316.80	30.83	<0.001	<0.001	0.871

PB: proteína bruta; PBNNP: proteína bruta oriunda de fuentes nitrogenadas no proteicas; PV: proteína verdadera; PVAD: proteína verdadera altamente disponible. NS: no suplementados; BAJO: recibiendo el 0.5% del peso corporal; MEDIO: recibiendo el 1.0% del peso corporal; ALTO: recibiendo el 1.5% del peso corporal. Valores inferiores  $p < 0.05$  denotan diferencia estadística para los contrastes suplementados versus no suplementados (SP vs NS), lineal (L) y cuadrático (Q). \* Estadísticamente diferente del control por la prueba de Dunnett's.

**Consumo de fracciones nitrogenadas de baja, lenta y nula digestibilidad.** Cuando evaluado el consumo de los fragmentos proteicos de baja y lenta disponibilidad e indigestible, no fue observada diferencia entre tratamientos en cuanto al consumo de PIDN, PIDA y PVLD proveniente del heno ( $p > 0.05$ ), observándose efecto lineal descendente en el consumo de PIDN y PIDA ( $p < 0.05$ ) a medida que aumentó el nivel de suplementación (Tabla 3).

Para las variables consumo de PIDN, PIDA y PVLD del suplemento y dieta total, hubo diferencia entre tratamientos suplementados y NS ( $p < 0.05$ ), presentándose entre los tratamientos suplementados efecto lineal ascendente ( $p < 0.05$ ) a medida que aumentó el nivel de suplementación (Tabla 3).

**Tabla 3.** Consumo de fragmentos de lenta y baja disponibilidad e indigestible, que hacen parte de la proteína bruta presente en heno y suplemento ofertado a bovinos Chino Santandereano en estabulación.

Ítem	Tratamientos				SEM	p-value, Contrastes		
	NS	Bajo	Medio	Alto		SP vs NS	L	Q
PIDN-Heno, gr	214.22	226.89	201.42	176.84	21.25	0.484	0.009	0.974
PIDN-Suplemento, gr	0.00	233.32	455.83	652.29	26.80	<0.001	<0.001	0.625
PIDN-Total, gr	214.22	460.21	657.25	829.13	34.70	<0.001	<0.001	0.689
PIDA-Heno, gr	177.81	188.27	168.18	147.39	15.83	0.460	0.005	0.972
PIDA-Suplemento, gr	0.00	168.04	327.00	476.14	39.80	<0.001	<0.001	0.904
PIDA-Total, gr	177.81	356.31	495.18	623.53	39.68	<0.001	<0.001	0.892
PVLD-Heno, gr	36.41	38.62	33.24	29.44	14.31	0.825	0.522	0.948
PVLD-Suplemento, gr	0.00	65.28	128.83	176.15	37.26	0.001	0.029	0.832
PVLD-Total, gr	36.41	103.90	162.07	205.60	36.32	0.001	0.034	0.840

PIDN: proteína insoluble em detergente neutro; PIDA: proteína insoluble en detergente ácido; PVLD: representa la diferencia entre PIDN y PIDA. NS: no suplementados; BAJO: recibiendo el 0.5% del peso corporal; MEDIO: recibiendo el 1.0% del peso corporal; ALTO: recibiendo el 1.5% del peso corporal. Valores inferiores p<0.05 denotan diferencia estadística para los contrastes suplementados versus no suplementados (SP vs NS), lineal (L) y cuadrático (Q). \* Estadísticamente diferente del control por la prueba de Dunnett's.

**Composición porcentual del consumo de proteína bruta.** Al ser medido el porcentaje de participación del consumo de cada fragmento proteico dentro del consumo de proteína bruta, animales suplementados presentaron mayor concentración de PVAD/PB y PV/PB que los no suplementados (p<0.001), observándose entre los tratamientos suplementos un efecto lineal ascendente a medida que aumentó la participación del suplemento en la dieta. Animales no suplementados presentaron mayor concentración PBNNP/PB cuando comparados con suplementados (p<0.001), observándose entre

los tratamientos suplementos un efecto lineal descendente a medida que aumentó el nivel de suplementación (p=0.014). No se encontró diferencia entre animales suplementados y no suplementados y entre los suplementados en relación con la concentración de PIDA/PB, PIDN/PB y PVLD (p>0.05) (Tabla 4).

Animales suplementados presentaron mayor digestibilidad de la proteína bruta cuando comparados con no suplementados (p<0.001), con efecto lineal ascendente (p=0.029) entre los grupos suplementados a medida que aumentó el nivel de suplementación (Tabla 4).

**Tabla 4.** Representación porcentual del consumo de cada fragmento proteico en relación con el consumo de proteína bruta, y digestibilidad de la proteína bruta.

Ítem	Tratamientos				SEM	p-value, Contrastes		
	NS	Bajo	Medio	Alto		SP vs NS	L	Q
PVAD/PB, %	10.55	19.22	22.55	24.25	2.20	<0.001	0.037	0.659
PV/PB, %	73.15	82.94	86.65	88.45	1.82	<0.001	0.014	0.563
PBNNP/PB, %	26.85	17.05	13.35	11.54	1.82	<0.001	0.014	0.563
PIDA/PB, %	52.08	49.29	48.36	47.96	2.25	0.078	0.602	0.904
PIDN/PB, %	62.61	63.73	64.10	64.21	2.97	0.573	0.867	0.956
PVLD/PB, %	10.53	14.43	15.74	16.24	4.16	0.171	0.668	0.912
Digestibilidad de la proteína bruta								
DPB, %	55.15	69.85	76.10	75.43	3.29	<0.001	0.029	0.098

%PVAD/PB: representación porcentual del consumo de proteína verdadera altamente disponible, en el consumo de proteína bruta; %PV/PB: representación porcentual del consumo de proteína verdadera, en el consumo de proteína bruta; %PBNNP/PB: representación porcentual del consumo de proteína bruta oriunda de fuentes nitrogenadas no proteicas, en el consumo de proteína bruta; %PIDA/PB: representación porcentual del consumo de proteína insoluble en detergente ácido, en el consumo de proteína bruta; %PIDN/PB: representación porcentual del consumo de proteína insoluble en detergente neutro, en el consumo de proteína bruta; %DPB: porcentaje de digestibilidad de la proteína bruta; NS: no suplementados; BAJO: recibiendo el 0.5% del peso corporal; MEDIO: recibiendo el 1.0% del peso corporal; ALTO: recibiendo el 1.5% del peso corporal. Valores inferiores p<0.05 denotan diferencia estadística para los contrastes suplementados versus no suplementados (SP vs NS), lineal (L) y cuadrático (Q). \* Estadísticamente diferente del control por la prueba de Dunnett's.

## DISCUSIÓN

La digestibilidad de la proteína bruta en dieta de animales suplementados, normalmente se encuentra aumentada cuando comparada con animales no suplementados (11,12). Tal evento es explicado comúnmente por la suplementación aportar cantidades de nitrógeno amoniacal ruminal (NAR) superiores, en algunos casos a 9.2 mg NAR/dL de líquido ruminal (cantidad proporcionada por dietas con concentración de PB de 124 gr/kg de MS) (13), siendo este utilizado por los microorganismos ruminales para aumentar en número, generando a su vez, aumento en la degradación de las proteínas y demás componentes nutricionales que hacen parte de la dieta, siendo un ciclo de mayor intensidad en animales suplementados. Nuestro tratamiento control fue alimentado con heno con concentraciones proteicas de 58.51 gr/kg de MS, comprometiendo la producción de NAR y la digestibilidad de la proteína bruta. Frente a estas situaciones, procesos catabólicos inician la degradación del nitrógeno retenido a nivel corporal, promoviendo movilización de proteínas miofibrilares, principalmente con el objetivo de aportar amonio al ambiente ruminal, asociado a reducción en la producción animal (1).

Frente a este cuestionamiento surgen varias incógnitas, ¿de qué depende que un alimento aporte mayor cantidad de NAR?, ¿porque las pasturas aportan menor cantidad de NAR que la mayoría de los alimentos concentrados? La respuesta tal vez no esté relacionada el efecto "cantidad", por proporcionar los concentrados mayor aporte de PB, y si, con las concentraciones de cada una de las fracciones proteína al interior de la PB. De acuerdo con Sniffen (3), la proteína bruta de un alimento presenta varias fracciones que varían en digestibilidad, siendo PBNP y PVAD de digestibilidad elevada, generando mayor cantidad de NAR, y PVL y PIDA de degradabilidad lenta e indigestibles respectivamente, aportando menor o nula cantidad de NAR. Es posible considerar entonces que, a tasa de pasaje normal, la digestibilidad de la proteína no depende solamente de la población de microorganismos ruminales, sino también de la concentración de dichas fracciones nitrogenadas en la proteína bruta, pudiendo encontrar digestibilidades de PB diferentes en animales con igualdad en la población ruminal.

De acuerdo con Sniffen (3), las pasturas y algunos subproductos de la agroindustria presentan concentraciones de PVAD no superiores a 5%/

PB, mientras que los concentrados pueden duplicar este valor. Nuestros resultados reportan igualmente mayor concentración de PVAD en suplemento cuando comparado con heno de *Brachiaria humidicola*, entre tanto, nuestras concentraciones en heno y suplemento fueron superiores a las reportadas por Sniffen (3) con 10.546%/PB y 28.135%/PB respectivamente.

En la investigación realizada por Gaviria (14), gramíneas (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) y *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.)) presentaron concentraciones de fracción A+B1, B3 y C de 34%, 27.7% y 7.4% respectivamente, entre tanto, en el presente estudio se observaron concentraciones superiores de fracciones altamente digestibles (A+B1) con 37.392% e indigestibles 52.082%, pero menor concentración de fracción de lenta degradabilidad con 10.527%.

Si bien la PIDA representa la proteína ligada a la FDA (3,10), elevadas concentraciones de PIDA en el heno pueden ser explicadas por el aumento en la concentración de FDA en la materia seca de este alimento, generando a la vez reducción en la concentración de la PVL, por ser esta, determinada por diferencia entre PIDN y PIDA, siendo la PIDA el 83% de la PIDN y la FDA el 98.62% de la FDN en el heno evaluado en este estudio. (1) trabajando con gramíneas de baja calidad (*Brachiaria decumbens* Stapf) reportaron valores de FDN corregida para cenizas y proteína (FDNcp) de 80.1% en la MS, valores similares a los observados en el presente estudio, con 80.99% de FDNp en la MS. Estos datos son totalmente válidos, al considerar que el heno utilizado provenía de *Brachiaria humidicola* en diferimiento, cosechada con edad de rebrote elevada y en estado reproductivo. Con base en estos resultados es posible afirmar que las concentraciones de las fracciones nitrogenadas al interior de la proteína bruta varían y son dependientes del tipo de gramínea y edad de la planta al momento de la colecta, como ocurre con la concentración de los macronutrientes.

De acuerdo con (1), utilizando gramínea con 5% de proteína y 80.1% de FDNcp en la MS (tal vez con gran parte de la proteína adherida a fibra), animales no suplementados presentaron concentraciones máximas de NAR de 5.8 mg/dL cuatro horas post-ingestión y digestibilidad de la proteína bruta de 24.3%, valores inferiores a los observados en animales que recibieron 100% de los requerimientos de proteína degradable en el rumen (PDR) y no degradable en el rumen (PNDR), mostrando concentraciones de NAR de

35.6 mg/dL cuatro horas post-ingestión y 81.1% de digestibilidad de la proteína.

Con base en lo anterior podemos afirmar que la baja digestibilidad de la PB observada en este estudio en animales no suplementados puede ser explicada por menor consumo de fracciones nitrogenadas altamente digestibles que favorezcan el aporte de NAR (4), afectando tal vez la población de bacterias fibrolíticas y proteolíticas, al ser los factores dietéticos determinantes de la comunidad de especies microbianas hospedadoras (15) presentes; por otro lado, animales suplementados, presentaron no solo aumento en el consumo de fracciones proteicas altamente digestibles como también de lenta digestibilidad. Aumento en el consumo de la fracción PVLD representaría la cantidad de proteína que escapa de la degradación ruminal y podría generar aumento en la concentración sanguínea de PM, mayor retención de nitrógeno corporal y desempeño productivo (1).

Aumento en el consumo de PB, PBNPP, PV, PVAD, PVLD, PIDN y PIDA en la dieta total de animales suplementados puede ser explicado por la suplementación presentar elevadas concentraciones de estos compuestos nutricionales, o tal vez como reflejo a un posible aumento en la digestibilidad de los componentes fibrosos presentes en la dieta (8). A pesar de la concentración de PBNPP ser mayor en heno que suplemento, la baja digestibilidad de la proteína bruta observada en animales no suplementados a causa de las elevadas concentraciones de FDA en el heno, puede explicar el menor consumo de PBNPP en animales no suplementados en contraste con animales suplementados.

En conclusión, el suplemento mejora el aporte de fracciones proteicas altamente digestibles y de

lenta digestibilidad a la dieta total suministrada a bovinos Chino Santandereano en estabulación. La suplementación aumenta el consumo de todas las fracciones nitrogenadas presentes en la proteína bruta, y la digestibilidad de la proteína bruta de la dieta total de bovinos Chino Santandereano en estabulación, por aportar mayor cantidad de fragmentos nitrogenados altamente digestibles y/o aprovechables que generen cantidades elevadas de nitrógeno amoniacal a nivel ruminal.

Recomendaciones, incluir este tipo de fraccionamientos en análisis de laboratorio rutinarias en investigación en nutrición animal, principalmente cuando se utilizan materias primas alternativas o no convencionales de las cuales existe poca información, igualmente, determinar la concentración de estas fracciones proteicas en alimentos cosechados en diferentes edades de rebrote.

### Conflicto de intereses

Deseamos confirmar que no existen conflictos de intereses asociados con esta publicación (políticos, personales, profesionales) y que no ha habido un apoyo financiero que pueda haber influenciado en los resultados. Además, declaramos que el manuscrito no posee material (imágenes, tablas y otros) reproducido de otras publicaciones y sitios web.

### Agradecimientos

A Jeison David Montoya Cruz, Luis Miguel Díaz, Erika Liliana Rodríguez Clavijo y Alberto Suárez Quiñones, personal técnico administrativo adscrito al laboratorio de nutrición animal de la Universidad de Cundinamarca, por el acompañamiento durante el desarrollo de los análisis descritos en la presente investigación.

## REFERENCIAS

1. Batista ED, Detmann E, Titgemeyer EC, Valadares Filho SC, Valadares RFD, Prates LL, et al. Effects of varying ruminally undegradable protein supplementation on forage digestion, nitrogen metabolism, and urea kinetics in Nellore cattle fed low-quality tropical forage. *J Anim Sci.* 2016; 94(1):201–216. <http://doi.org/10.2527/jas.2015-9493>
2. Licitra G, Hernandez TM, van Soest PJ. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim Feed Sci Technol.* 1996; 57(4):347–358. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)

3. Sniffen CJ, O'Connor JD, van Soest PJ, Fox DG, Russell JB. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J Anim Sci.* 1992; 70(11):3562–3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>
4. Sampaio CB, Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, de Souza MA, Lazzarini I, et al. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Trop Anim Health Prod.* 2010; 42(7):1471–1479. <http://doi.org/10.1007/s11250-010-9581-7>
5. Marquez DC, Paulino MF, Rennó LN, Villadiego FC, Ortega RM, Moreno DS, et al. Supplementation of grazing beef cows during gestation as a strategy to improve skeletal muscle development of the offspring. *Animal.* 2017; 11(1):2184-2192. <http://doi.org/10.1017/S1751731117000982>
6. Contreras Marquez DE, Fonseca Paulino M, Mageste de Almeida D, Masa Ortega RE, Soares Martins L, Sotelo Moreno DP, et al. Metabolism prepartum and reproductive responses postpartum of Nellore cows supplemented in different periods of gestation. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia.* 2019; 14(1):25–39. <http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.14.1.3>
7. Sotelo D, Paulino MF, Rennó LN, Detmann E, Ortega RM, Marquez DC, et al. Performance and metabolic status of grazing beef heifers receiving increasing protein supplementation pre- and postpartum. *Anim Prod Sci.* 2019; 59(7):1244-1252. <https://doi.org/10.1071/AN17485>
8. Lazzarini I, Detmann E, Sampaio CB, Paulino MF, Valadares Filho S de C, Souza MA, et al. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Rev Bras Zoot.* 2009; 38(10):2021–2030. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009001000024>
9. Marquez DEC, Fonseca Paulino M, Marcondes MI, Navajas Rennó L, Vieira de Barros L, Soares Martins L, et al. Nutritional parameters and production of calves on pasture supplemented with different sources of protein foods. *Sem: Cienc Agrar.* 2014; 35(5):2709–2722. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n5p2709>
10. Detmann E, Souza MA de, Valadares Filho S de C, Queiroz AC, Berchielli TT, Saliba E de OS, et al. Métodos para análise de alimentos. *Visconde do Rio Branco: Suprema.* 2012; 1:1–214. <https://www.editoraufv.com.br/produto/metodos-para-analise-de-alimentos/1109316>
11. de Almeida D, Marcondes M, Rennó L, Pereira SL, Martins L, Marquez D, et al. Nutritional planning for Nellore heifers post-weaning to conception at 15 months of age: performance and nutritional, metabolic, and reproductive responses. *Trop Anim Health Prod.* 2019; 51(1):79-87. <http://doi.org/10.1007/s11250-018-1662-z>
12. Martins LS, Paulino MF, Marcondes MI, Rennó LN, de Almeida DM, Lopes SA, et al. Cottonseed meal is a suitable replacement for soybean meal in supplements fed to Nellore heifers grazing *Brachiaria decumbens*. *Anim Prod Sci.* 2017; 57(9):1893-1898. <http://dx.doi.org/10.1071/AN15709>
13. Detmann E, Valente ÉEL, Batista ED, Huhtanen P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livest Sci.* 2014 162:141–153. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.029>
14. Gaviria X, Rivera J, Barahona R. Nutritional quality and fractionation of carbohydrates and protein in the forage components of an intensive silvopastoral system. *Pastures and Forages.* 2015; 38(2):194-201. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1838>
15. Henderson G, Cox F, Ganesh S, Jonker A, Young W, Janssen PH. Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Sci Rep.* 2015; 5(1):1-13. <https://doi.org/10.1038/srep14567>