Predicción del consumo de materia seca y ganancia diaria de peso de los modelos nutricionales LRNS (1.0.33) y NRC (2000) en toros confinados en Paraguay

Guido Arnaldo Portillo ¹ Diego Avilio Ocampos Olmedo

Pedro Luís Paniagua Alcaraz Luis Alberto Alonzo Griffith

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay

Prediction of dry matter intake and average daily gain of the LRNS (1.0.33) and NRC (2000) nutritional models in confined bulls in Paraguay

Abstract. This work was carried out between August and December 2018, with the objective of contrasting the predictions of dry matter intake (DMI) and average daily gain (ADG) of the LRNS (1.0.33) and NRC (2000) nutritional models in bulls finished in confinement from the perspective of precision and accuracy in relation to the observed data. For this, performance data of 61 Brangus bulls and 55 Brahman bulls with initial live weights of 383.20 ± 10.39 kg and 348.45 ± 18.54 kg and average ages of 21 ± 3 months for both breeds were used. The animals were weighed at the beginning and at the end of confinement with a previous fast of 14 hours. They were fed during confinement with a totally mixed ration (TMR) ad libitum formulated with a forage-concentrate ratio of 40:60. The observed DMI (kg/d) was established from the reading of trays, collection and weighing of excess feed per pen during the confinement period that was then taken to an average per individual, while the observed ADG (kg/d) was determined from the difference of the initial weight and the final weight of the animals, divided by the days of confinement. A Simple Regression Analysis was performed between observed and predicted values. Both models predicted the DMI with precision and accuracy for the Brangus breed, however they underestimated by 3.08 % (NRC 2000) and 6.16 % (LRNS 1.0.33) in the Brahman breed. Regarding ADG, the LRNS (1.0.33) predicted with precision and accuracy for both races, while the NRC (2000) underestimated by 11.68 % (Brangus) and 8.57 % (Brahman). The NRC (2000) turned out to be a better estimator of the DMI, while the LRNS (1.0.33) was it for the ADG in bulls of both breeds (Brangus and Brahman) confined in climatic conditions of Paraguay.

Key-words: nutrition software, simulation, feeding, beef cattle, confinement.

Resumen. Este trabajo fue realizado entre agosto y diciembre de 2018, con el objetivo de contrastar las predicciones del consumo de materia seca (CMS) y la ganancia diaria de peso (GDP) de los modelos nutricionales LRNS (1.0.33) y NRC (2000) en toros terminados en confinamiento desde la perspectiva de la precisión y exactitud en relación a los datos observados. Para esto se utilizaron datos de desempeño de 61 toros Brangus y 55 toros Brahman con pesos vivos iniciales de 383.20 ± 10.39 kg y 348.45 ± 18.54 kg y edades promedio de 21 ± 3 meses para ambas razas. Los animales fueron pesados al inicio y al final del confinamiento con un ayuno previo de 14 horas. Los mismos fueron alimentados durante el confinamiento con una ración totalmente mezclada (RTM) ad libitum formulada con una relación forraje-concentrado de 40:60. El CMS observado (kg/d) fue establecido a partir de la lectura de bateas, colecta y pesaje de alimento sobrante por corral durante el periodo de confinamiento que luego fue llevado a un promedio por individuo, mientras que la GDP observada (kg/d) se determinó a partir de la diferencia del peso inicial y el peso final de los animales, dividido por los días de duración del confinamiento. Se realizó un Análisis de Regresión Simple entre valores observados y pronosticados. Ambos modelos predijeron el CMS con precisión y exactitud para la raza Brangus, no obstante subestimaron en 3.08 % (NRC 2000) y 6.16 % (LRNS 1.0.33) en la raza Brahman. Con relación a la GDP, el LRNS (1.0.33) predijo con precisión y exactitud para ambas razas, mientras que el NRC (2000) subestimó en 11.68 % (Brangus) y 8.57 % (Brahman). El NRC (2000) resultó ser mejor estimador del CMS, mientras que el LRNS (1.0.33) lo fue para la GDP en toros de ambas razas (Brangus y Brahman) confinados en condiciones climáticas del Paraguay.

Palabras claves: software de nutrición, simulación, alimentación, bovinos de carne, confinamiento.

Introducción

El objetivo principal de un programa de nutrición de bovinos de carne es formular dietas que cubran eficientemente los requerimientos nutricionales de los animales (Souza et al., 2018) y que por sobre todo sea a bajo costo dado que la alimentación puede superar el 70 % del costo total de la producción en un sistema intensivo de producción (Anderson et al., 2005).

En este sentido es de fundamental importancia conocer el consumo diario de alimento de los animales para establecer la cantidad de nutrientes que estarán disponibles para cubrir los requerimientos de mantenimiento y producción (Ribeiro et al., 2012) y así formular dietas ajustadas a las exigencias del bovino ya que presenta una alta correlación con la producción animal (Arrigoni et al., 2013).

La utilización de técnicas que puedan medir el consumo animal con mucha precisión y exactitud es una búsqueda constante por parte de los nutricionistas, debido a que si se logra esto, la predicción de la ganancia de peso se volverá más confiable y permitirá conocer la rentabilidad de la explotación (Machado-Neto, 2008).

De esta manera, el uso de modelos de evaluación nutricional se convierte en una herramienta interesante en los diferentes sistemas productivos, ya

que permiten formular dietas de manera más eficiente haciendo posible evaluar y corregir en caso de déficit o exceso de nutrientes y a la vez mejorar la comprensión de los procesos digestivos y la eficiencia de utilización de nutrientes (Souza, 2006; Tedeschi et al., 2004).

Entre los softwares de nutrición que estiman el CMS y la GDP de bovinos de carne se destacan los modelos Large Ruminant Nutrition System (LRNS 1.0.33) y National Research Council (NRC 2000). Estos dos programas integran algoritmos de cálculos desarrollados utilizando mayoritariamente animales de razas taurinas criados en condiciones climáticas distintas a los países de zonas tropicales y subtropicales (Machado-Neto, 2008; Elyas et al., 2009; Azevêdo et al., 2010; Ribeiro et al., 2012). Aunque integran factores de ajustes en las ecuaciones para animales cebuinos, se requiere de más investigaciones a fin de obtener datos concluyentes acerca del comportamiento predictivo de estos modelos en condiciones tropicales.

Esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar las estimaciones del CMS y la GDP desde la perspectiva de precisión y exactitud de estos modelos en toros terminados en confinamiento en condiciones de clima subtropical del Paraguay.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en un establecimiento ganadero situado en Santa Rosa del Aguaray, departamento de San Pedro, Paraguay (Latitud: 24°01'28" S, Longitud: 57°0'25" O) entre agosto y diciembre de 2018 con una duración de 114 días.

Los datos climáticos registrados durante la investigación fueron: temperaturas máximas en torno a los 25 a 32 °C y las mínimas entre 11 a 21 °C, precipitación total de 755 mm donde la mayor ocurrencia fue entre octubre y noviembre (Figura 1). La humedad relativa media del ambiente fue de 77 % y la velocidad del viento promedio de 22.6 km/h.

En la investigación se utilizaron 61 toros Brangus y 55 toros Brahman con pesos iniciales de 383.20 ± 10.39 kg y 348.45 ± 18.54 kg; respectivamente. Las edades promedio de 21 ± 3 meses para ambas razas, los cuales al inicio fueron pesados individualmente con ayuno de 14 horas y a la vez fueron tratados contra endo y ectoparásitos mediante la aplicación de Abamectina y Cipermetrina. Así también fueron vacunados

Figura 1. Condiciones climáticas mensual registradas durante el periodo de confinamiento.

preventivamente contra Carbunclo Sintomático, Fiebre Aftosa, Complejo Respiratorio Bovino y Queratoconjuntivitis Infecciosa.

Luego fueron agrupados según tamaño y peso en tres grupos de 15 animales y uno de 16 animales para la raza Brangus y en tres grupos de 14 animales y uno de 13 animales para la raza Brahman y posteriormente fueron alojados en diferentes corrales con espaciamiento de 48 m²/animal y en el comedero de 48 cm/animal.

La dieta fue formulada para ganancias de 1.40 kg/día y con una relación forraje-concentrado de 40:60. Para esto, de cada alimento fueron recolectados muestras y remitidas al laboratorio Biosollo para los análisis de calidad bromatológica y los resultados se detallan en el Cuadro 1, mientras que la formulación de la dieta se observa en el Cuadro 2.

Para determinar el tenor de MS, EE, MM, Ca y P de los alimentos, dicho laboratorio utilizó la metodología de Silva y Queiroz (2002), el contenido de PB por método Kjeldahl (AOAC, 1990); el valor del FDN y FDA por método Van Soest (1994) y el contenido de NDT por metodología de Henry y Morrison (Andrighetto et al., 1982).

Cuadro 1. Calidad bromatológica de los ingredientes utilizados en la alimentación de los animales.

Ingredientes	MS (%)	PB (%)	NDT (%)	EE (%)	MM (%)	FDN (%)	FDA (%)	Ca (%)	P (%)
Silaje de Maíz	35.01	7.1	65.29	2.93	3.15	58.1	31.21	0.22	0.18
Silaje de brizantha	27.84	8.48	58.69	2.21	5.26	68.62	37.11	0.52	0.11
Maíz grano húmedo	70.43	8.17	83.21	5.24	1.24	8.11	2.17	0.03	0.22
Burlanda de maíz	82.49	29.9	89.30	14.2	4.65	35	11	0.32	1.40

Cuadro 2. Formulación y valores nutricionales calculados en los modelos LRNS (1.0.33) y NRC (2000) en base seca de la dieta utilizada para la alimentación de los animales.

Ingredientes	LRNS (1.0.33)	NRC (2000)
Silaje de maíz	13.84	13.84
Silaje de Urochloa brizantha	25.26	25.26
Maíz grano húmedo	47.25	47.25
Burlanda de maíz	11.39	11.39
Urea	1.05	1.05
Núcleo mineral ⁽¹⁾	1.20	1.20
Total	100	100
Valores nutricionales calculados		
Masa seca (MS, %)	49	49
Proteína bruta (PB, %)	13.23	13.23
Nutrientes digestibles totales (NDT, %)	78	75
Energía Metabolizable (EM, Mcal/kg)	2.83	2.71
Energía neta de mantenimiento (EN _m , Mcal/kg)	1.89	1.79
Energía neta de ganancia (EN _g , Mcal/kg)	1.25	1.16
Fibra detergente neutro (FDN, %)	32	32

⁽¹⁾ Niveles de garantía por kilo de producto: Ca: 240g; P: 18g; S: 12g; Na: 90g; Zn: 2.400 mg; Cu: 690 mg; Fe: 650 mg; Mn: 830 mg; Co: 30 mg; I: 30 mg; Se: 8 mg; Vit. A: 140.000 UI; Vit. D3: 30.000 UI; Vit. E: 120 UI.

Los animales pasaron por un periodo de acostumbramiento de 15 días en donde el primer día se inició con una oferta del 50 % del total de alimento calculado y luego se incrementó 5 % de manera diaria con lo cual al día 16 se ofreció el 100 % de la ración calculada. Las distribuciones se realizaron en los siguientes horarios: a las 07:00, 09:00, 12:00, 14:00 y 17:00 hs, respectivamente.

El control del consumo y ajuste de la cantidad de alimento suministrado fue establecido a partir de lecturas de bateas, colectas y pesajes de alimentos sobrantes del día anterior por corral. Esta operación se realizó diariamente una hora antes del primer turno de alimentación del día (a las 06:00 am) hasta el final del periodo de estudio.

El confinamiento duró 108 días para la raza Brangus y 114 días para la raza Brahman. Al final del encierre los animales fueron pesados nuevamente con un ayuno de 14 horas para hallar el peso final. El CMS observado (kg) se determinó en base a la cantidad total de alimentos consumidos de cada lote, del cual se determinó el CMS con relación al peso vivo de los animales de cada corral y de allí el consumo por individuo, mientras que la GDP (kg/día) se estableció de la relación entre la diferencia de peso inicial y final de los animales divididos por la duración del confinamiento en días.

Simulaciones en los modelos

Para las simulaciones correspondientes, se crearon bibliotecas del usuario en los modelos LRNS (1.0.33) y NRC (2000) insertando los valores nutricionales de

cada alimento (Cuadro 1) y así también se introdujeron los datos detallados en el Cuadro 3.

Los valores del CMS y GDP predichos se generaron en función de la dieta ofrecida durante el ensayo,

modificando en los programas la cantidad de MS ingerida, como así también el peso inicial y final de cada animal. La GDP predicha se estimó a partir del CMS observado y todas las simulaciones se efectuaron en el Modelo de Simulación Empírico (Nivel 1).

Cuadro 3. Resumen de los datos de entrada utilizados en los modelos nutricionales.

Ítems	LRNS (1.0.33)	NRC (2000)
Descripción del animal		
Raza	Brangus/Brahman	Brangus/Brahman
Categoría	Terminación	Terminación
Sexo	Toro	Toro
Condición corporal (1 - 9)	5	5
Nivel de grasa corporal (%)	28	28
Manejo		
Aditivos	No	No
Profundidad de lodo (cm)	0	0
Grosor de cuero (cm)	Promedio	Promedio
Estrés por calor	No	No
Barro adherido al cuerpo	No	No
Longitud de pelaje (cm)	0.64	0.64
Espacio en confinamiento (m ² /animal)	>18	-
Permanencia de pie (h/d)	18	-
Cambio de posición (veces/d)	6	-
Distancia horizontal recorrida (m)	1500	-
Pendiente (m)	1	-
Ambiente		
Velocidad de viento (km/h)	22.6	22.6
Temperatura del mes anterior (°C)	18.7	18.7
Temperatura del periodo (°C)	23.3	23.3
Temperatura mínima nocturna (°C)	17.3	-
Humedad relativa del mes anterior (%)	77	-
Humedad relativa del periodo (%)	77	-
Permanencia bajo el sol (h/d)	6	-
Exposición a tormenta	Si	-

Análisis estadístico

El análisis estadístico consistió en un Análisis de Regresión Simple entre valores observados y pronosticados con un intervalo de confianza del 95 %, considerando la precisión (R^2) según Neter et al., (1996); como así también de la exactitud de las estimaciones (C_b) conforme a Lin (1989).

La hipótesis planteada fue conforme a Dent y Blackie (1979) en que los valores observados y predichos deberían ser estadísticamente similares si el intercepto ( ) y la inclinación ( ) son iguales a 0 y 1 respectivamente (= 1 y = 0). Todos los análisis se realizaron con el programa Model Evaluation System (Tedeschi, 2006).

Resultados y Discusión

Consumo de materia seca

Para la raza Brangus los valores de los interceptos ( ) y las inclinaciones ( ) no fueron significativos (Cuadro 4; $P > 0.05$), evidenciando que los modelos nutricionales estiman correctamente el CMS en esta raza. El modelo NRC (2000) se mostró ajustado, con elevada precisión (R^2) y exactitud (C_b). De igual forma el modelo LRNS (1.0.33) presentó alto grado de ajuste,

aunque con mediana exactitud. Se observó una baja desviación existente de los CMS observados en relación a las líneas de regresión y de estas al compararlas con las rectas ideales ($Y = X$) (Figuras 2A y 2B).

No obstante, para la raza la Brahman, ambos sistemas subestimaron el CMS en 6.16 % (LRNS 1.0.33) y 3.08 % (NRC, 2000), por lo cual los valores

de los interceptos ( ) y las inclinaciones ( ) fueron diferentes de 0 y 1, respectivamente ($P < 0.05$) y de acuerdo a los valores del R^2 y Cb (Cuadro 4), los modelos presentaron una mediana precisión además de mediana a baja exactitud, debido a las altas

desviaciones existentes de los puntos con relación a las líneas de regresión y estas con las rectas ideales ($Y = X$) (Figuras 2C y 2D), reflejando de alguna forma un menor ajuste de ambos modelos para esta raza.

Cuadro 4. Consumos de materia seca promedios observados y estimados por los sistemas nutricionales LRNS (1.0.33) y NRC (2000).

Modelos	Raza Brangus (CMS, kg/d)				Análisis de regresión			
	Nº	Mínimo	Promedio	Máximo	(valor P ¹)	(valor P ¹)	R ² (%)	Cb (%)
Observado	61	8.54	9.14 ± 0.22	9.47	-	-	-	-
LRNS (1.0.33)	61	8.33	8.86 ± 0.20	9.15	-0.09 ± 0.38 (0.799)	1.04 ± 0.04 (0.330)	90.63	53.92
NRC (2000)	61	8.50	9.00 ± 0.20	9.30	-0.52 ± 0.36 (0.148)	1.07 ± 0.04 (0.065)	91.27	80.06
Modelos	Raza Brahman (CMS, kg/d)				Análisis de regresión			
	Nº	Mínimo	Promedio	Máximo	(valor P ¹)	(valor P ¹)	R ² (%)	Cb (%)
Observado	55	8.34	8.77 ± 0.27	9.23	-	-	-	-
LRNS (1.0.33)	55	7.69	8.23 ± 0.20	8.73	3.30 ± 0.57 (< 0.001)	0.66 ± 0.07 (< 0.001)	63.06	37.84
NRC (2000)	55	7.83	8.39 ± 0.34	8.91	3.31 ± 0.56 (< 0.001)	0.65 ± 0.07 (< 0.001)	63.78	54.77

¹ Si el valor de P es < 0.05 ; el intercepto y la inclinación difieren de 0 y 1, respectivamente.

Nº: número de animales evaluados

Figura 2. Relaciones entre los consumos de materia seca observados y estimados por los modelos LRNS (1.0.33) y NRC (2000) para toros de las razas Brangus y Brahman, respectivamente. Las líneas continuas son $Y = X$ y las líneas punteadas son de la regresión lineal.

Aunque ambos modelos utilicen el mismo algoritmo de cálculo del CMS y que en sí se presenten precisos, las predicciones del modelo NRC (2000) son 26.14 y 16.93 puntos porcentuales más exactos a los CMS observados en ambas razas (Brangus y Brahman). Esto se debe a que este modelo presentó 0.100 Mcal/kg

menor en cuanto al contenido de ENm de la dieta, ya que el valor de este nutriente es utilizado para estimar el consumo (Fox et al., 2004).

La diferencia existente entre los valores energéticos de la dieta se debe a que ambos modelos calculan el

contenido de NDT de la dieta de manera diferente, cuyo valor es utilizado para estimar la EN_m (Tedeschi et al., 2005). Para esto, el modelo NRC (2000) considera los niveles de NDT de cada alimento según análisis bromatológico (Cuadro 1), los cuales fueron determinados por métodos de Henry y Morrison (Andrighetto et al., 1982) e insertados en el modelo; mientras que el modelo LRNS (1.0.33) aplica la metodología de Weiss (1993) para dicho cálculo, considerando la composición bromatológica de los alimentos utilizados en este estudio (Fox et al., 2003), la cual arrojó un valor 3 puntos porcentuales mayor y consecuentemente, en el valor de la EN_m (Cuadro 2).

Por otra parte, el valor estimado del consumo incrementa paralelamente al contenido de EN_m de la dieta hasta un nivel máximo aproximado de 1.58 Mcal/kg, para luego disminuir y cuanto mayor sea el valor energético por encima de este límite, mayor será dicha disminución (NRC 1996), lo que justifica el efecto observado con el modelo LRNS (1.0.33), el cual presentó un valor calculado de 1.89 Mcal/kg de EN_m de la dieta; mientras que el modelo NRC (2000) presentó un valor de 1.79 Mcal/kg.

A pesar que existan diferencias entre las exactitudes, las estimaciones de ambos modelos fueron satisfactorias para la raza Brangus; sin embargo para la raza Brahman fueron ineficientes. Esto puede deberse a que el algoritmo de cálculo del CMS fue desarrollado en EE UU donde las características climáticas son distintas a las de zonas tropicales, utilizándose mayoritariamente animales *Bos taurus* (Elyas et al., 2009; Azevêdo et al., 2010; Ribeiro et al., 2012) por lo que sería más eficiente en animales taurinos (Azevêdo et al., 2016) y mestizos (Machado-Neto 2008) coincidiendo así con lo observado en toros de la raza Brangus utilizados en esta investigación.

En este sentido, Rezende et al., (2011) utilizando los modelos NRC (2000) y Cornell Net of Carbohydrate and Protein System (CNCPS 5.0) en novillos mestizos (Holandes x Cebu) confinados con 20 meses de edad, peso inicial de 264 kg y alimentados con una dieta RTM con 50 % de concentrado y Ferreira (2019) en toros Senepol (*Bos taurus*) confinados con peso inicial de 368 kg y edad de 16 meses, alimentados con una dieta RTM con 40 % de concentrado demostraron que los modelos evaluados estimaron correctamente el CMS en las mismas condiciones de simulaciones que este estudio.

Sin embargo, Ribeiro et al. (2012) encontraron que los dos modelos evaluados en toros Cebu jóvenes bajo confinamiento subestimaron el CMS en 6.33 y 11.30 % para los modelos NRC (2000) y CNCPS 5.0; respectivamente.

Ganancia diaria de peso

Para ambas razas los valores de los interceptos ( ) y las inclinaciones ( ) no fueron significativos (Cuadro 5; $P > 0.05$), demostrando que el modelo nutricional LRNS (1.0.33) estima correctamente la GDP en ambas razas (Brangus y Brahman), con alto grado de ajuste (R^2) y exactitud (Cb). Los datos presentaron muy bajas desviaciones con relación a las líneas de tendencias y estas a su vez, de las rectas ideales ($Y=X$) (Figuras 3A y 3C).

Por otra parte, el modelo NRC (2000) se mostró preciso (R^2) para la GDP, pero inexacto (Cb) para la misma variable, presentando subestimaciones del 11.68 % para la raza Brangus y de 8.57 % para la raza Brahman. Esto se puede corroborar por las altas dispersiones de los datos de las líneas de tendencias y estas de las rectas ideales ($Y = X$) (Figuras 3B y 3D) reflejando así la falta de ajuste de este modelo para ambas razas (Brangus y Brahman).

Esto podría atribuirse a que los requerimientos totales de EN_m de los animales fueron en media 3.39 % (Brangus) y 2.31 % (Brahman) mayores según el modelo NRC (2000). Esto pudo deberse a que este sistema utiliza la metodología propuesta por Lofgreen y Garrett (1968) para calcular el requerimiento de energía neta de mantenimiento en condiciones de termoneutralidad (a_1) e incrementa 15 % el requerimiento para toros (Fox et al., 2003).

Mientras que el modelo LRNS (1.0.33) utiliza la metodología de Fox y Tylutki (1998) para dicho cálculo, la cual computa un requerimiento 10 % inferior al modelo anterior, aunque esta inferioridad es compensada al considerar las actividades realizadas por el animal, pero no incrementa la exigencia para toros (Fox et al., 2004).

Los mayores requerimientos presentados por el sistema NRC (2000) y el menor contenido de EN_m estimado de la dieta por este modelo por la metodología utilizada por el laboratorio para determinar el contenido de NDT de los animales, hizo que utilice gran parte de la energía disponible en la dieta para cubrir el requerimiento de EN_m de los animales, reduciendo la disponibilidad de EN_g lo que pudo causar las subestimaciones observadas en este estudio.

De igual forma, Gesualdi-Júnior et al., (2005) demostraron que el modelo NRC (2000) fue ineficiente para estimar la GDP en toros Nelore confinados con 13 meses de edad y peso inicial de 345 kg, alimentados con una dieta RTM con 50% de concentrado y en la

para estimar la GDP en toros Nelore confinados con 13 meses de edad y peso inicial de 345 kg, alimentados con una dieta RTM con 50 % de concentrado y en la misma condición de simulación. Sin embargo, Ribeiro (2008) trabajando con diferentes grupos genéticos cebuínos observó que el sistema NRC (2000) fue eficiente en la predicción de la GDP en bovino de la raza Nelore en sistema de confinamiento.

Con relación al modelo LRNS (1.0.33), Chingala (2018) reportó que el modelo LRNS es eficiente para estimar la GDP en novillos cebuínos de Malawi-África (*Bos indicus*) confinados con peso inicial de 181 ± 21.4

kg y 29 meses de edad y alimentados con una dieta RTM con 41 % de concentrado y en la misma condición de simulación que este estudio.

De igual manera, Machado-Neto (2008) al trabajar con dos razas de novillos con pesos iniciales de 361 ± 31 kg (Nelore) y 367 ± 30 kg (Red Norte), con 20 meses de edad en un sistema de confinamiento, alimentados con una dieta RTM con 40 % de concentrados, demostró que el modelo CNCPS 5.0 que es la base del LRNS fue eficiente en la estimación de la GDP en la raza Nelore. No obstante, subestimó para la raza Red Norte en 11.17 %.

Cuadro 5. Ganancias diarias de peso promedios observados y estimados por los sistemas nutricionales LRNS (1.0.33) y NRC (2000).

Modelos	Raza Brangus (GDP, kg/d)				Análisis de regresión			
	Nº	Mínimo	Promedio	Máximo	(valor P1)	(valor P1)	R2 (%)	Cb (%)
Observado	61	1.24	1.37 ± 0.07	1.49	-	-	-	-
LRNS (1.0.33)	61	1.26	1.37 ± 0.07	1.53	-0.10 ± 0.06 (0.070)	1.07 ± 0.04 (0.072)	92.77	99.37
NRC (2000)	61	1.13	1.21 ± 0.05	1.31	-0.27 ± 0.09 (0.004)	1.35 ± 0.08 (<0.001)	82.71	22.29
Modelos	Raza Brahman (GDP, kg/d)				Análisis de regresión			
	Nº	Mínimo	Promedio	Máximo	(valor P1)	(valor P1)	R2 (%)	Cb (%)
Observado	55	1.22	1.40 ± 0.06	1.48	-	-	-	-
LRNS (1.0.33)	55	1.30	1.42 ± 0.06	1.51	0.13 ± 0.08 (0.104)	0.66 ± 0.07 (0.052)	83.15	91.24
NRC (2000)	55	1.19	1.28 ± 0.06	1.37	0.31 ± 0.09 (0.001)	0.85 ± 0.07 (0.035)	63.78	54.78

¹ Si el valor de P es < 0.05 ; el intercepto y la inclinación difieren de 0 y 1, respectivamente

Nº: número de animales evaluados

Figura 3. Relaciones entre las ganancias diarias de peso observadas y estimadas por los modelos LRNS (1.0.33) y NRC (2000) para toros de las razas Brangus y Brahman, respectivamente. Las líneas continuas son $Y = X$ y las líneas punteadas son de la regresión lineal.

Conclusiones

Ambos modelos nutricionales evaluados resultaron eficientes en la estimación del CMS en toros Brangus en condiciones subtropicales del Paraguay, situación bajo la cual el modelo NRC (2000) se mostró como el más ajustado para esta variable; no obstante con ligeras subestimaciones para la raza Brahman, por lo cual se torna necesaria la realización de más estudios para la obtención de datos concluyentes.

Con relación de la estimación de la GDP, el modelo LRNS (1.0.33) se mostró como mejor estimador con alta precisión y exactitud; mientras que el modelo NRC (2000) presentó subestimaciones del 11.68 % (Brangus) y 8.57 % (Brahman), debido entre otras cosas al mayor costo de mantenimiento (ENm) propuesto por la formulación del modelo NRC (2000) en relación al LRNS (1.0.33).

Literature Cited

- Anderson, R. V., Rasby, R. J., Klopfenstein, T. J., Clark, R. T. 2005. An evaluation of production and economic efficiency of two beef systems from calving to slaughter. *Journal of Animal Science*, 83: 694-704. <https://doi.org/10.2527/2005.833694x>
- Andriguetto, J.M.; Perly, L.; Minardi, I.; Gemaël, A.; Flemming, J.S.; Souza, G.A. De; Bona Filho, A. 1982. *Nutrição Animal: As bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos*. São Paulo: Nobel, 257-268p.
- Arrigoni, M. B., Martins, C. L., Sarti, L. M. N., Barducci, R. S. B., Franzói, M. C., Vieira Júnior, L. C., Perdigão, A., Ribeiro, F. A., Factori, M. A. 2013. Níveis elevados de concentrado na dieta de bovinos em confinamento. *Veterinaria e Zootecnia*, 20(4): 539-551. <http://hdl.handle.net/11449/141034>
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. *Official methods of analysis*. 15.ed. Arlington, 1: 1117
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. *Official methods of analysis*. 15.ed. Arlington, 1: 1117
- Azevêdo, J. A., Valadares Filho, S., PINA, D., Chizotti, M. L., Valadares, R. F. 2010. A meta-analysis of dry matter intake in Nellore and Zebu-crosses cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(8): 1801-1809. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000800024>
- Azevêdo, J. A. G., Valadares Filho, S. C., Costa e Silva, L. F., Dos Santos, A. B., Souza, L. L., Rotta, P. P., Rennó, L. N., Do Prado, I. N. 2016. *Regulação e predição de consumo de matéria seca*. <https://v3.brcorte.com.br/bundles/junglebrcorte2/book2016/br/c2.pdf>
- Chingala, G. 2018. Beef production and quality of Malawi Zebu steers fed diets containing rangeland-based protein sources under feedlot conditions. Tesis Doctoral. Faculty of AgriSciences at Stellenbosch University, 200p.
- Dent, J. B., Blackie, M. J. 1979. *Systems Simulation in Agriculture*. Applied Science, London. Elsevier Applied Science, 180p. ISBN: 0853348278.
- Elyas, A. C. W., Paiva, P. C. A., Lopes, F. C. F., Vilela, Vilela, D., Arcuri, P. B., Morenz, M. J. F. 2009. Avaliação do modelo CNCPS na predição do consumo de matéria seca em vacas da raça Holandesa em pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(6): 1096-1103. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000600018>
- Ferreira, M. A. S. 2019. Consumo observado e predito pelos sistemas nutricionais em bovinos de corte confinados. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. Brasil, MG: UFU, 67p.
- Fox, D. G., Tylutki, T. P. 1998. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 81: 3085-3095.
- Fox, D. G., Tylutki, T. P., Tedeschi, L. O., Van Amburgh, M. E., Chase, L. E., Pell, A. N., Overton, T. R., and Russell, J. B. 2003. The Net Carbohydrate and Protein System for evaluating herd nutrition and nutrient excretion: Model documentation. Mimeo. No. 213. Animal Science Dept., Cornell University, Ithaca, NY. 292 p. https://www.researchgate.net/publication/238347201_The_Net_Carbohydrate_and_Protein_System_for_Evaluating_Herd_Nutrition_and_Nutrient_Excretion_Model_documentation
- Fox, D. G., Tedeschi, L. O., Tylutki, T. P., Russell, J. B., Van Amburgh, M. E., Chase, L. E., Pell, A. N., and Overton, T. R. 2004. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science Technology*, 112: 29-78. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.10.006>
- Gesualdi Júnior, A., Queiroz, A. C., Resende, F. D., Lana, R., de Souza Gesualdi, A. C., Alleoni, G. F., Detmann, E., Razook, A. G., y de Figueiredo, L. 2005. Validação dos sistemas Viçosa, CNCPS e NRC para formulação de dietas para bovinos Nelore e Caracu, não-castrados, selecionados em condições brasileiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(3): 997-1005. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000300033>

- Lin, L. I. K. 1989. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*. 45: 255-268. <http://dx.doi.org/10.2307/2532051>
- Lofgreen, G. P., Garrett, W. N. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *Journal of Animal Science*, 27(3): 793-806. <https://doi.org/10.2527/jas1968.273793x>
- Machado-Neto, O. R. 2008. Consumo, desempenho e características de carcaça de novilhos Nelore e Red Norte terminados em confinamento e avaliação de sistemas de exigências nutricionais. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, 76p. <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/3521>
- National Research Council (NRC). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7th ed. Nutrient requirements of domestic animals. National Academy Press, Washington, DC.
- National Research Council (NRC). 2000 update. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7 Revised ed. Washington D.C.; USA: National Academy Press, 248p.
- Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., Wasserman, W. (1996). *Applied Linear Statistical Models*, 1.ed. McGraw-Hill, Boston. <https://mysite.science.uottawa.ca/rkulik/mat3378/mat3378-textbook.pdf>
- Rezende, P. L. P., Neto, M. D. F., Restle, J., Fernandes, J. J. R., Pádua, J. T., y Queiroz, G. A. B. 2011. Validação de modelos matemáticos para predição de consumo voluntário e ganho em peso de bovinos. *Archivo de Zootecnia*, 60(232): 921-930. <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000400009>
- Ribeiro, J. 2008. Consumo e desempenho de grupos genéticos zebuínos confinados. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, 107p. http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2814/1/DISERTA%C3%87%C3%83O_Consumo%20e%20desempenho%20de%20grupos%20gen%C3%A9ticos%20zebu%C3%ADnos%20confinados.pdf
- Silva, D. J., Queiroz, A. C. 2002. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 235p.
- Ribeiro, J. S., Ladeira, M. M., Machado Neto, O. R., Campos, F. R. 2012. Consumo alimentar e sua predição pelos sistemas NRC, CNCPS e BR-CORTE, para tourinhos zebuínos confinados. *Revista Ciência Agronômica*, 43(4): 802-810. <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1768>
- Souza, H. M. 2006. Modelagem matemática e proposta de resolução do Problema da dieta alimentar para gado bovino de Corte. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, BR: UFRJ, 105p. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:yMnhcbkuJLwJ:https://www.cos.ufrj.br/uploadfile/publicacao/1894.pdf+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=py>
- Souza, R. A de., Tempelman, R. J., Allen, M. S., Weiss, W. P., Bernard, J. K., y Vande Haar, M. J. 2018. Predicting nutrient digestibility in high-producing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101: 1123-1135. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13344>
- Tedeschi, L. O., Fox, D. G., Guioy, P. J. 2004. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. *Agricultural Systems*, 79: 171-204. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(03\)00070-2](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(03)00070-2)
- Tedeschi, L. O., Pas, D., Fox, D. G., Doane, P. H. 2005. Evaluation of the Tabular Feed Energy and Protein Undegradability Values of the National Research Council Nutrient Requirements of Beef Cattle. *The Professional Animal Scientist* 21: 403-415. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31238-9](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31238-9)
- Tedeschi, L. O. 2006. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agricultural Systems*, 89(02/03): 225-247. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.11.004>
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. New York: Cornell University Press, 476p.
- Weiss, W. P. 1993. Predicting energy values of feeds. *J. Dairy Sci.*, 76: 1802-1811. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77512-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77512-8)