

PREDICCIÓN DE LA GANANCIA DIARIA DE PESO MEDIANTE EL USO DEL MODELO NRC EN NOVILLAS SUPLEMENTADAS EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE COSTA RICA

Prediction of the Daily Weight Gain by the Use of the NRC Model in Supplemented Heifers in the Humid Tropics of Costa Rica

Martín Guillermo Maquivar-Linfoot¹, Carlos Salvador Galina-Hidalgo¹, Germán David Mendoza-Martínez², Adriana Rebeca Verduzco-Gómez¹, Jaime Roberto Galindo-Badilla³, Rafael Molina-Sánchez³ y Sandra Estrada-Konig⁴

¹Departamento de Reproducción, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

México, DF. 56 22 58 60. E-mail: maquivar@correo.unam.mx

²Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.

³Escuela de Agronomía, Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

⁴Salud de Hato, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional de Costa Rica. .

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el modelo NRC (1996) nivel I para la predicción de la ganancia diaria de peso en novillas suplementadas bajo condiciones tropicales. Para tal fin, se realizaron dos experimentos. En el experimento 1 se evaluaron 30 novillas divididas en dos grupos de 15 animales cada uno, el grupo suplementado (GS) presentó un peso inicial de $365,27 \pm 24,40$ kg, recibió concentrado a razón de 1% del peso vivo (5,5% PC, 2,85 Mcal ED) y el no suplementado (GNS) con un peso inicial de $367,47 \pm 31,65$ kg. En el experimento 2 se utilizaron 45 novillas divididas en dos grupos, el GSb con 22 animales, teniendo un peso inicial de $342,23 \pm 36,04$ kg se les proporcionó alimento a razón del 1% del peso vivo (13% PC; 3,15 Mcal ED) y el GNSb se constituyó por 23 animales teniendo un peso inicial promedio de $326,30 \pm 31,53$ kg. En ambos experimentos los animales fueron suplementados a lo largo de 45 días, y estuvieron pastoreando praderas de Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), Candelario (*Penistemon purpureum*) y Ratana (*Ischaemum indicum*). En ambos experimentos no se observaron diferencias ($P > 0,05$) para los cambios de peso. El GS obtuvo ganancias diarias de peso (GDP) de 0,27 kg/d, mientras que el GNS mostró pérdidas de -0,05 kg/d; en el experimento 2 el GSb presentó GDP de 0,90 kg/d y el GNSb de 0,60 kg/d. La GDP predicha en el experimento 1 fue similar a la ganancia observada para el grupo su-

plementado ($P > 0,05$) en contraste con la presentada en el grupo no suplementado en el que la ganancia de peso fue sobrestimada ($P < 0,05$). En el segundo experimento, la predicción de la GDP tanto para el grupo suplementado como el no suplementado fue subestimada ($P < 0,05$). El nivel 1 del modelo de simulación NRC no fue apropiado para la predicción de los cambios de peso en novillas bajo condiciones tropicales.

Palabras clave: *Bos indicus*, NRC, simulación, suplementación, pastoreo.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the model NRC level 1 to predict the daily weight gain in heifers supplemented under tropical conditions. For this purpose, two experiments were done, in the first experiment 30 heifers were divided into two groups of fifteen animals each, the supplemented group (GS) showed an initial weight of 365.27 ± 24.40 kg, received commercial concentrate to the ratio of 1% of live weight (5.5% PC 2.85 Mcal ED) and the control group which was not supplemented (GNS) with an initial weight of 367.47 ± 31.65 kg. In the second study 45 heifers were divided in two groups, the GSb with 22 animals having an initial weight of 342.23 ± 36.4 kg and given concentrate to the rate of 1% of live weight (13% PC 3.5 Mcal ED) and the GNSb were made up of 23 animals having an initial average weight of 326.0 ± 31.3 kg. In both trials the animals were supplemented throughout for forty-five days and let them grazed on African Star grass (*Cynodon nlemfuen-*

sis), Candelario grass (*Pennisetum purpureum*) and Ratana grass (*Ischaemum indicum*). In both experiments no differences were observed ($P > 0.05$) in weight change. The GS had daily weight gains (GDP) of 0.27 kg/d while the GNS showed losses of -0.05 kg/d. In the second trial the GSb showed a GDP of 0.90 kg/d and the GNSb of 0.60 kg/d. The predicted GDP of the first experiment was similar in comparison with the observed value for the supplemented group ($P > 0.05$), in contrast with that presented in the GNS group in which the daily weight gain was over estimated ($P < 0.05$). In the second trial the GDP predicted for both groups was under estimated ($P < 0.05$). The level 1 of the NRC simulation model does not seem to be appropriate for predicting changes in weight in heifers under tropical conditions.

Key words: *Bos indicus*, NRC, simulation, supplement, grazing.

INTRODUCCIÓN

En las áreas tropicales, el desarrollo de animales de reemplazo es uno de los factores fundamentales de la producción vacuna. Las bajas ganancias de peso que muestran los animales en el período seguido al destete, con el consiguiente retardo en los procesos de crecimiento y madurez fisiológica, han sido serias limitantes en la planificación de los programas de reemplazo en las fincas ganaderas [17, 22]. Para solucionar dicha problemática se han puesto en práctica numerosas estrategias con el fin de incrementar los parámetros productivos de los animales [20], como programas de suplementación alimenticia estratégica con el objeto de proveer aquellos nutrientes que el forraje no aporta en cantidad suficiente [11]. La respuesta animal a la suplementación está en función de diversos factores, entre los cuales se encuentra la disponibilidad del forraje, el tipo y la cantidad de suplemento y efectos asociativos entre el forraje y el suplemento. Para estimar la respuesta de un animal a un programa de suplementación se han desarrollado modelos de simulación, que permiten diseñar estrategias de suplementación en etapas críticas de la producción. Tal es el caso de la época antes del programa de empadre en novillas [18, 30]. Los modelos de simulación permiten estimar la respuesta animal al tomar en cuenta la calidad del forraje, la cantidad y tipo de suplemento en diversas condiciones climáticas [14].

Con el uso de los modelos de simulación es posible estimar la respuesta de acuerdo al tipo de suplemento, en función de los requerimientos nutricionales de acuerdo a su etapa productiva. El nivel 1 del modelo NRC, calcula los requerimientos y evalúa la dieta utilizando valores de energía (Total de nutrientes digestibles TND, Energía metabolizable EM, y Energía neta EN), asimismo, utiliza valores de degradación de la proteína (Proteína degradable en rumen DIP, y proteína no degradable en rumen UIP). Este nivel puede ser usado cuando existe una limitada información acerca de la composición química

y nutricional de los alimentos, en adición, en nivel 1 utiliza el valor de TND para estimar la producción microbiana de proteína así como los valores de proteína tanto degradable como no degradable para calcular la proteína disponible para el animal [18]. Este modelo ha sido evaluado en animales en confinamiento en forma satisfactoria y se utiliza en forma convencional para actividades de consultoría en corrales de engorda [29], sin embargo existen pocas evaluaciones en pastoreo bajo condiciones tropicales [30] donde el modelo sería de gran utilidad en la selección de suplementos. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el modelo NRC nivel I, el cual es utilizado cuando para la predicción de energía y proteína con respecto a la dieta y los ingredientes suministrados a los animales [18] para la predicción de la ganancia diaria de peso en novillas sometidas a un programa de suplementación alimenticia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos de suplementación se llevaron a cabo en la unidad de producción bovina del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicado en Alajuela, Costa Rica ($10^{\circ}25' N - 84^{\circ}32' O$), a una altura de 172 metros sobre el nivel del mar. El clima de la región se clasifica como trópico húmedo, teniendo una precipitación anual de 3062 mm, temperatura promedio anual de $27,3^{\circ}C$ y humedad relativa de 85,3%.

Experimento 1

Se utilizaron 30 hembras bovinas (*Bos taurus* x *Bos indicus*) con un rango de edad de 24 a 36 meses, divididas en 2 grupos de 15 animales designadas aleatoriamente. Las novillas iniciaron el estudio con un peso promedio de $365,27 \pm 24,40$ kg, y fueron sometidas a un programa de suplementación (GS) con un concentrado comercial (Citrocom[®] Casa Dos Pinos, Costa Rica), a razón de 1% del peso vivo, (5,5% PC, 2,85 Mcal ED/kg MS), además del acceso *ad libitum* a sales minerales (Ganafos Plus[®] Piensos S.A., Costa Rica). El grupo no suplementado (GNS) inició el experimento con un peso promedio de $367,47 \pm 31,65$ kg, y solo tuvieron acceso a los minerales y se mantuvieron en pastoreo continuo. El ensayo tuvo una duración de 45 días y se efectuó en los meses de septiembre a noviembre (época invernal). Las novillas fueron pesadas cada 15 días con el objetivo de calcular la ganancia diaria de peso (GDP). El concentrado se ofreció por la mañana y el resto del día se mantenían en praderas a base de Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), Candelario (*Pennisetum purpureum*) y Ratana (*Ischaemum indicum*) (TABLA I). Los resultados de cambio de peso fueron analizados mediante un diseño Completamente Aleatorizado usando el peso inicial como covariable [26]:

$$Y_{ij} = \mu_i + \tau_i + (X_{ij} - x_{..}) + e_{ij}$$

donde:

TABLA I
VALORES NUTRICIONALES DE LOS FORRAJES DE LOS POTREROS (SÁNCHEZ Y SOTO 1999) / NUTRITIONAL VALUES OF THE GRASS FROM THE PASTURE

| | Estrella Africana | Candelario | Ratana |
|----------|-------------------|------------|--------|
| MS, % | 23,1 | 18,8 | 20,5 |
| PC, %MS | 17,1 | 15,2 | 9,1 |
| FDN, %MS | 72,3 | 64,6 | 68,8 |
| DIVMS, % | 70,2 | 72,0 | 66,1 |

μ_i = Promedio general (GDP)

τ_i = Efecto del tratamiento

β = Coeficiente de regresión de la variable

e_{ij} = Error.

Experimento 2

Se utilizaron 45 novillas (*Bos taurus* × *Bos indicus*) de 24 a 36 meses de edad, divididas aleatoriamente en dos grupos, el grupo suplementado (GSb) formado por 22 animales, teniendo un peso inicial de 342,23 ± 36,04 kg, alimentándose con un suplemento comercial (Citrocarne®, Casa Dos Pinos, Costa Rica) a razón del 1% del peso vivo (13% PC, 3,15 Mcal ED/kg MS), con libre acceso a sales minerales (Ganafos Plus® Pienso S.A., Costa Rica). El grupo no suplementado (GNSb) se constituyó por 23 novillas con un peso inicial promedio de 326,30 ± 31,53 kg, las cuales fueron mantenidas solamente con pastoreo y sales minerales. El ensayo tuvo una duración de 45 días y se efectuó en los meses de mayo y julio (época de lluvia). Las novillas fueron pesadas cada 15 días. La ganancia diaria de peso se analizó de acuerdo a un Diseño Completamente al Azar usando el peso inicial como covariable [26].

Evaluación del modelo de simulación

El modelo de simulación utilizado para la estimación de los cambios de peso y la ganancia diaria de peso fue el desarrollado por el NRC utilizando el nivel 1 [18], para lo cual se estimó el contenido energético con base a la composición reportada [25] con las ecuaciones del NRC [18] basándose en la digestibilidad *in vitro* [6]:

$$\text{TND} = \text{DIVMS} * 0,92$$

$$\text{EM (Mcal/kg)} = 3,62 * \left(\frac{\text{TND}}{100} \right)$$

$$\text{ENm} = 1,37 \text{ EM} - 0,138 \text{ EM}^2 + 0,0105 \text{ EM}^3 - 1,12$$

$$\text{ENg} = 1,42 \text{ EM} - 0,174 \text{ EM}^2 + 0,0122 \text{ EM}^3 - 1,65$$

donde:

TND = Total de nutrientes digeribles, %.

EM = Energía metabolizable, Mcal/kg MS.

ENm = Energía neta para mantenimiento, Mcal/kg MS.

ENg = Energía neta para ganancia, Mcal/kg de MS.

Para estimar el valor de consumo de materia seca que requiere el modelo [5], se estimó el consumo máximo con base a la capacidad ruminal de distensión y concentración de de FDN [12]:

$$\text{CCFDN} = 11 * \left(\frac{\text{PV}}{100} \right)$$

$$\text{CMS (fdn)} = \frac{\text{CCFDN}}{\text{FDNR}}$$

donde:

CCFDN = Capacidad de consumo de FDN, kg/d

FDNR = Contenido de FDN de la ración, kg/kg MS

CMS (fdn) = Consumo máximo de MS, kg/d

PV = Peso vivo, kg

Para la evaluación del modelo se hizo una comparación de los valores predichos y los observados por medio de una prueba de "t" de Student, con un intervalo de confianza al 95% para cada tratamiento [9, 30], donde los valores predichos que están dentro del intervalo se consideran estadísticamente similares a los observados [28, 30].

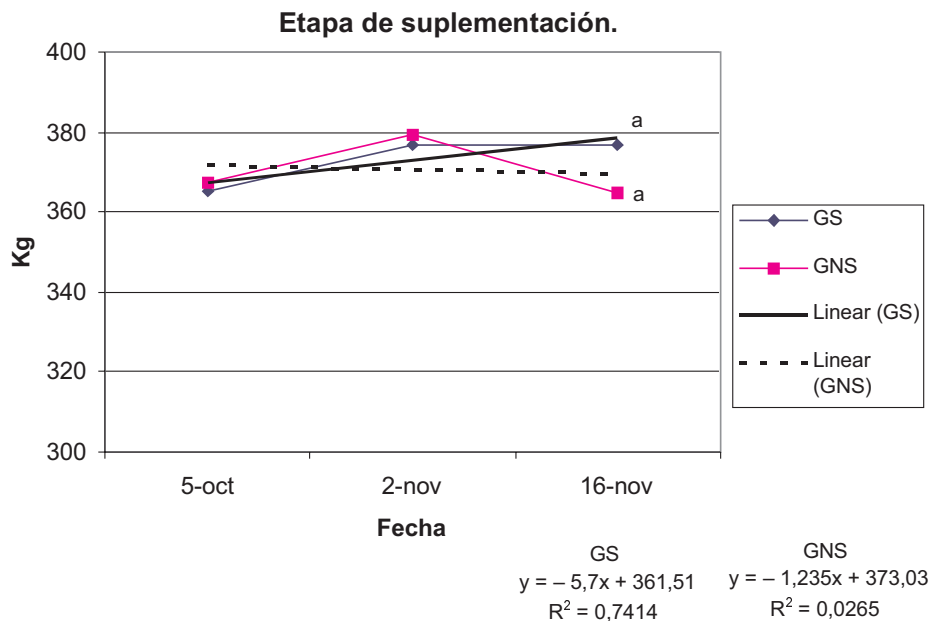
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontraron diferencias en los cambios de peso de las vaquillas con o sin suplemento en el experimento 1, a pesar de que el grupo testigo estaba perdiendo peso (TABLA II). A pesar de que no se detectaron diferencias, en la FIG. 1 se puede observar que el peso vivo se incrementó en forma lineal en el grupo suplementado ($P < 0,05$, $r^2 = 0,74$), mientras que en el grupo testigo no hubo respuesta. La falta de respuesta al suplemento pudo deberse a que el contenido de proteína de los forrajes haya sido menor al reportado previamente [25], lo cual resultó en pérdidas de peso del testigo,

TABLA II
CAMBIOS DE PESO EN NOVILLAS CON O SIN SUPLEMENTO EN LOS DOS EXPERIMENTOS / WEIGHT CHANGES IN HEIFERS WITH OR WITHOUT SUPPLEMENT IN BOTH EXPERIMENTS

| | Suplemento | Testigo |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Experimento 1 | | |
| Peso inicial, kg | 365,27 ± 24,4 ^a | 367,47 ± 31,65 ^a |
| Peso final, kg | 376,67 ± 22,37 ^a | 365,20 ± 31,75 ^a |
| Cambios de peso, kg | 11,40 | -2,27 |
| GDP, kg/d | 0,27 ^a | -0,06 ^a |
| Experimento 2 | | |
| Peso inicial, kg | 342,23 ± 36,04 ^a | 326,30 ± 31,53 ^a |
| Peso final, kg | 380,59 ± 31,65 ^a | 351,87 ± 65,54 ^b |
| Cambio de peso, kg | 38,36 | 25,57 |
| GDP, kg/d | 0,90 ^a | 0,60 ^a |

Medias con distinta literal en la misma hilera son diferentes (P < 0,05).



^aNo se observaron diferencias (P > 0,05).

FIGURA 1. CAMBIOS DE PESO EN VAQUILLAS *Bos taurus* × *Bos indicus* CON SUPLEMENTACIÓN (GS) Y SIN SUPLEMENTACIÓN (GNS). EXPERIMENTO 1 / WEIGHT CHANGES IN *Bos taurus* × *Bos indicus* HEIFERS WITH SUPPLEMENTATION (GS) AND WITHOUT (GNS). EXPERIMENT 1.

mientras que con el suplemento con 5,5% de PC se tuvieron ganancias de peso bajas. En términos generales se han reportado ganancias alrededor de 0,5 kg/d en bovinos pastoreando pasto estrella sin suplemento [21]. Resultados de análisis de pasto estrella en trópico húmedo muestran valores de 5 a 9% de PC [1, 3, 8, 21, 23, 24]. Los resultados del experimento 1 fueron la causa para que se usara un suplemento con 13% de PC en el segundo ensayo.

Se han reportado cambios de peso de -0,29 a 0,26 kg/d en praderas tropicales sin suplementación [20] y se han logra-

do ganancias máximas de 1,4 kg/d [24] hasta 1,50 kg/d [20] con suplementos en trópicos, lo cual muestra el potencial de crecimiento para razas cebuinas en el trópico húmedo.

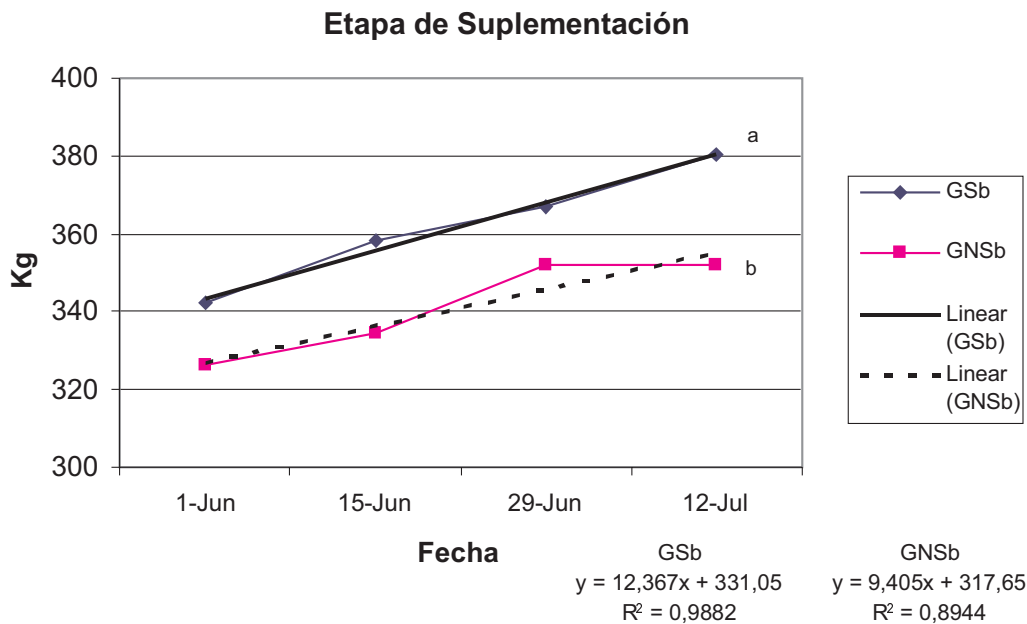
En el experimento 2 se detectó un mayor peso final en el grupo con suplemento (TABLA II), sin detectarse cambios en la ganancia de peso. A diferencia del experimento 1, en este ensayo si se detectó una respuesta lineal (P < 0,05) en el peso vivo con relación a los días de alimentación en ambos grupos (FIG. 2), que mostraron un balance positivo. Se sabe que los forrajes pueden presentar gran variación en disponibilidad y

calidad entre años, y entre épocas [14]. Es posible que el forraje haya tenido una mayor concentración de proteína, lo cual permitió una mayor ganancia en ambos grupos. Estudios realizados por Zuart y col. [31], con toretes en el trópico húmedo del estado de Chiapas, mostraron una mejor respuesta en los animales suplementados con proteína de sobrepaso (GDP 0,757 kg/d), mientras que los animales testigo tuvieron menor ganancia (0,310 kg/d).

La respuesta a la suplementación animal en pastoreo es el resultado de diversas interacciones entre el animal, el forra-

je, microorganismos, clima, suelo y manejo [14]. En términos generales al suplementar se pueden esperar efectos sustitutos o asociativos (sinérgicos o antagónicos). Diversas investigaciones han demostrado que la suplementación de animales mejora la respuesta productiva de los animales en trópico húmedo [1, 3, 8, 24, 31].

En la TABLA III se muestran los valores de ganancia diaria de peso observados y los predichos mediante el modelo NRC para ambos experimentos. La GDP predicha fue similar a la ganancia observada en el experimento 1 para el grupo su-



Literales diferentes difieren ($P < 0,03$).

FIGURA 2. CAMBIOS DE PESO EN VAQUILLAS *Bos taurus* × *Bos indicus* CON SUPLEMENTACIÓN (GSB) Y SIN SUPLEMENTACIÓN (GNSB) EXPERIMENTO 2 / WEIGHT CHANGES IN *Bos taurus* × *Bos indicus* HEIFERS WITH SUPPLEMENTATION (GSB) AND WITHOUT (GNSB). EXPERIMENT 2.

**TABLA III
PREDICCIÓN DE GANANCIA DE PESO CON MODELO NRC Y VALORES DE CONSUMO ESTIMADOS DE MATERIA SECA /
PREDICTION OF WEIGHT GAIN WITH THE NRC MODEL AND ESTIMATE VALUES OF DRY MATTER INTAKE**

| | Suplemento | Testigo |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Experimento 1 | | |
| GDP observada, kg/d (± IC) | 0,27 ± 0,26 ^a | -0,06 ± 0,25 ^a |
| GDP estimada, kg/d | 0,39 ^a | 0,29 ^a |
| Consumo (fdn), kg/d | 5,53 | 5,64 |
| Consumo (NRC), kg/d | 8,21 | 5,30 |
| Experimento 2 | | |
| GDP observada, kg/d (± IC) | 0,90 ± 0,40 ^b | 0,61 ± 1,52 ^b |
| GDP estimada, kg/d | 0,46 ^a | 0,32 ^a |
| Consumo (fdn), kg/d | 5,38 | 5,13 |
| Consumo (NRC), kg/d | 7,53 | 8,30 |

Medias de GDP estimada con distinta literal de la GDP observada en la misma columna dentro de experimento son diferentes ($P < 0,05$).

IC: Intervalo de confianza ($P < 0,05$). Consumo (fdn): consumo de materia seca máximo por distensión ruminal.

plementado ($P > 0,05$) en contraste con la presentada en el grupo no suplementado en el que la ganancia de peso fue sobrestimada. En el segundo experimento la predicción de la ganancia tanto para el grupo suplementado como el no suplementado fue subestimada ($P < 0,05$).

Los requerimientos nutricionales publicados por el NRC [18], están presentados con un programa software con dos niveles de simulación, donde se consideran variables como tipo de ganado, estado fisiológico, edad, consumo, ambiente y otros factores como el uso de aditivos. El nivel I está basado en el sistema de proteína metabolizable y en el Sistema de California de EN, y el nivel II considera además, las tasas de degradación de los carbohidratos y compuestos nitrogenados del sistema de proteína de Cornell [7]. En general, es más factible usar el nivel I, a menos que se cuente con la información completa de la cinética de degradación de los alimentos.

El modelo NRC ha permitido detectar deficiencias de proteína degradable en confinamiento y se considera que tiene un sistema adecuado para los requerimientos de proteína [5, 10], por lo que las desviaciones en este estudio podrían estar asociadas al balance energético.

Es importante tener la información precisa de la raza o sus cruza, dado que la selección del tipo genético modificará los requerimientos de mantenimiento [10] y eso podría afectar los cálculos de la materia seca disponible para ganancia, y por lo tanto, la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia [14].

Con relación a los factores ambientales, existen algunos cuestionamientos sobre la aplicación del modelo NRC. Se ha sugerido que se usen los datos de temperatura media del mes, usando el promedio de largo plazo [10]. La complejidad de estimar los factores ambientales en el metabolismo basal y en el balance calórico son aspectos que los modelos deberán seguir siendo validados y modificados de acuerdo al conocimiento que se esté generando en esta área [12].

Se debe de tener presente que al usar cualquier modelo de simulación, la falta de precisión en la predicción puede estar asociada a la información que se ingresa (por ejemplo, composición química), a las ecuaciones incorporadas al modelo, que pueden ser apropiadas para clima templado y no para condiciones con estrés calórico, o bien que no consideran el gasto energético asociado al pastoreo.

Las estimaciones de consumo de MS de este estudio se presentan en la TABLA III. En términos generales se puede observar que la estimación de consumo basada en la distensión ruminal resulta en valores alrededor de 1,5% del peso vivo, lo cual puede considerarse como una subestimación. Esta relación se da en forrajes de muy baja calidad [4], sin embargo, los valores predichos por NRC, están alrededor del 2% del PV. Experimentos de suplementación con estimaciones de consumo con marcadores en trópico húmedo, muestran que en el CMS esta alrededor del 3,4% del peso vivo [1, 3, 8, 24]. La evaluación del modelo NRC con bovinos en finalización subestimaron

el consumo en alrededor de 1,3 kg/d, pero estimaron forma adecuada los balances de proteína (degradable, metabolizable) y la ganancia de peso [10]. Uno de los principales problemas que tienen los modelos de estimación con forrajes tropicales es la estimación del consumo [20, 28], dado que no consideran factores como el balance calórico [12], lo cual hace más difícil la predicción del comportamiento productivo.

Una evaluación del modelo NRC de tres pruebas de comportamiento realizadas en la Universidad de Nuevo León, México [16], mostró una predicción relativamente buena del consumo ($R^2 = 0,49$), pero la predicción de la ganancia de peso fue subestimada ($R^2 = 0,17$). Resultados de evaluaciones de 24 corrales de engorda en Canadá mostraron una buena predicción del consumo y una subestimación de la GDP [2].

Otra evaluación del modelo NRC [18] con información de 7 experimentos realizados en la Universidad de Nebraska, de bovinos en crecimiento con 54 raciones, con diferentes condiciones nutricionales que comprendían desde forrajes de baja calidad, mediana (ensilajes), hasta niveles elevados de grano, fue realizada usando análisis de regresión [19]. A pesar de que las diferencias del consumo estimado y el predicho fueron del orden de 0,5 kg/d, el análisis de regresión mostró que hay una subestimación del consumo, encontrando que el modelo predice adecuadamente el consumo cuando la concentración de ENm está entre 1,27 y 1,32 Mcal/kg, pero sobrestima cuando la ENm es menor, y la subestima cuando es mayor. Con relación a los cambios de peso, hubo una subestimación cuando las GDP eran bajas y una sobreestimación cuando fueron altas. A bajas concentraciones de ENg, el modelo NRC subestimó la ganancia, mientras que la sobreestimó con mayor contenido de energía, en experimentos donde no hubo deficiencias de proteína [29]. El modelo NRC [18] no permite estimar en forma adecuada el comportamiento de bovinos en pastoreo [30], por lo que es necesario modificar el modelo, o bien desarrollar otros modelos para estas condiciones [13, 28].

CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones del presente estudio la predicción de las ganancias diarias de peso en novillas bajo condiciones tropicales por medio del uso del modelo de simulación NRC (1996) fue muy variable, debido a las condiciones climáticas y a las asociaciones entre el animal, el forraje y la suplementación. Se requieren más estudios y modificaciones del modelo NRC nivel 1 relacionadas a los requerimientos de energía bajo condiciones de pastoreo en trópico húmedo, para mejorar la exactitud de la predicción del comportamiento animal en esas condiciones.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a la Secretaría de Relaciones Exteriores del Gobierno Mexicano a través de ANUIES-CSUCA así como

al Gobierno de Costa Rica, el financiamiento otorgado para la realización del presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARANDA, I.E.; MENDOZA, G.D.; GARCÍA-BOJALIL, C.; CASTREJÓN, F.P. Growth of heifers grazing stargrass complemented with sugar cane, urea and a protein supplement. **Lives. Prod. Sci.** 71:201-206, 2001.
- [2] BLOCK, H.C.; MCKINNON, J.J.; MUSTAFA, A.F.; CHRISTENSEN, D.A. Evaluation of the 1996 NRC beef model under western Canadian environmental conditions. **J. Anim. Sci.** 79:267-275, 2001.
- [3] CABRERA, E.J.I.; MENDOZA, M.G.D.; ARANDA, I.E.; GARCÍA-BOJALIL, C.; BÁRCENA, G.R.; RAMOS, J.A.; *Saccharomyces cerevisiae* and nitrogenous supplementation in growing steers grazing tropical pastures. **Anim. Feed Sci. Technol.** 83:49-55, 2000.
- [4] CORDOVA, D.F. Efecto de la suplementación nitrogenada y un cultivo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la digestibilidad y consumo de pasto insurgente (*Brachiaria brizantha*) en toretes. Montecillo, Edo. de México, Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados (Tesis de Maestría). 66pp, 1996.
- [5] ERICKSON, G.; MILTON, T.; KLOPFENSTEIN, T. Evaluation of 1996 NRC for protein and phosphorus requirements of finishing cattle. **Nebraska Beef Report**; MP69-A. 84-85pp, 1998.
- [6] FERNÁNDEZ-RIVERA, S.; LEWIS, M.; KOPFENSTEIN, T.J.; THOMPSON T.L. A simulation model of forage yield, quality and intake of growing cattle grazing cornstalks. **J. Anim. Sci.** 67: 581-589, 1989.
- [7] FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; RUSSELL, J.B.; VAN SOEST, P.J. The Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. Part I. A model for predicting cattle requirements and feedstuff utilization. **Research: Agriculture.** 34. 1-83 pp., 1990.
- [8] GÓMEZ, V.A.; PÉREZ, P.J.; MENDOZA, M.G.D.; ARANDA, I.E.; HERNÁNDEZ, G.A. Fibrolytic enzymes improve performance in steers fed sugar cane and stargrass. **Lives. Prod. Sci.** 82:249-254, 2003.
- [9] KUEHL, O.R. **Diseño de experimentos.** 2da Ed. México: Ed. Thomson Learning. 550-570 pp., 2001.
- [10] LARDY, G.; ADAMS, D.; KLOPFENSTEIN, T.; BRINK, D; Use of NRC model for evaluating nutrient balances of grazing beef cattle. **Nebraska Beef Report.** MP-69-A. 84-85pp, 1998.
- [11] MAQUIVAR, M.; GALINA, C.S.; VERDUZCO, A.; GALINDO, J.; MOLINA, R.; ESTRADA, S. Reproductive response in supplemented heifers in the humid tropics of Costa Rica. **Anim Reprod Sci.** 93:16-23. 2006.
- [12] MENDOZA, M.G.; PINOS, J.M.; RICALDE, V.; ARANDA, I.E.; ROJO, R.R. Modelo de simulación para estimar el balance calórico de bovinos en pastoreo. **Intercien.** 28: 202-207, 2003.
- [13] MENDOZA, M.G.D.; GONZÁLEZ, M.S.; RICALDE, V.R. Simulation model for steer growth and heat production in warm climates. **Proceedings, VII World Conference on Animal Production.** Edmonton, Canada. 28 Jun-2 Jul. Vol. 3, 162-163 pp., 1993.
- [14] MENDOZA, M.G.D.; RICALDE, V.R. Suplementación de bovinos en pastoreo. Universidad Autónoma Metropolitana. Xochimilco, México, 97 pp. 1996.
- [15] MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **J. Anim. Sci.** 64: 154-158, 1987.
- [16] MORALES, H.; GUTIERREZ, O.E. Uso del modelo NRC (1996) para evaluar el balance de nutrientes de toretes Holstein en engorda intensiva. **VIII Congreso Internacional de Nutrición Animal.** Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México, 30-31 de Marzo. 28pp, 2000.
- [17] MUKASA-MUGERWA, E.; TEGEGNE, A.; ANDERSON, C.A. Effect of oestrous synchronization with prostaglandin F_{2α} in Ethiopian highland Zebu (*Bos indicus*) cows. **Anim Prod.** 48: 367-373. 1989.
- [18] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of beef cattle.** 7th Rev. Ed. Washington, D.C. USA: National Academy Press; 113-131 pp., 1996.
- [19] PATTERSON, T.; KLOPFENSTEIN, T.; MILTON, T.; BRINK, D. Evaluation of the 1996 beef cattle NRC model predictions of intake and gain for calves fed low or medium energy density diets. **Nebraska Beef Report.** MP 73-A. 26-29pp. 2000
- [20] PEIRIS, H.; ELLIOTT, R.; HALES, H.; NORTON, B.W. Alternative management strategies for maximizing productivity on beef cattle in the subtropics. **Aust. J. Exp. Agr.** 35: 317-324. 1995.
- [21] PÉREZ, P.J.; ALARCÓN, Z.B.; MENDOZA, G.M.; BÁRCENA, G.R.; HERNÁNDEZ, G.A.; HERRERA, H.J.G. Efecto de un banco de proteína de kudzú en la ganancia de peso de toretes en pastoreo de estrella africana. **Téc. Pec. Méx.** 39:39-52. 2001
- [22] PLASSE, D. Crossbreeding results from beef cattle in the Latin American tropics. **Anim Breed Abstr.** 51: 779-797. 1983.
- [23] RAMOS, J.A.; MENDOZA, M.G.; ARANDA, I.E.; GARCÍA, B.C.; BÁRCENA, G.R. Caracterización del nitrógeno del pasto estrella con dos sistemas: proteína metabo-

- lizable y proteína cruda digestible. **Rev. Fac. Agron. -LUZ.** 12:209-220, 1995.
- [24] RAMOS, J.A.; MENDOZA, M.G.D.; ARANDA, I.E.; GARCÍA-BOJALIL, C.; BÁRCENA, G.R.; ALANÍS, J. Escape protein supplementation of growing steers grazing stargrass. **Anim. Feed Sci. Technol.** 70:249-256, 1998.
- [25] SÁNCHEZ, J.M.; SOTO, H. Contenido de energía estimada para el crecimiento del ganado bovino, en los forrajes del trópico húmedo de Costa Rica. **Agron Costarric.** 23: 173-178, 1999.
- [26] STEEL, G.R.; TORRIE, H.J. **Principles and procedures in statistics. A biometrical approach.** 2da Ed. USA, Mc Graw Hill. 622 pp, 1980.
- [27] TOBIAS, B.; MENDOZA, G.D.; ARJONA, E.; GARCIA-BOJALIL, C.; SUAREZ, M.E. A simulation model of performance of growing steers grazing in tropical pastures. **J. Anim. Sci.** 75:271 (Suppl. 1). 1997
- [28] TOBIAS, C.B. Desarrollo de un modelo de simulación para predecir cambios de peso de toretes en pastoreo en el trópico húmedo. Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados. (Tesis de Maestría). Montecillo, México. 1-105 pp. 1997.
- [29] ZINN, R.A.; MENDOZA, G.D. Uso de modelos de simulación para la evaluación de corrales de engorda. **Memorias del Congreso Nutrición y manejo de la alimentación en ganado Bovino productor de carne.** Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, A.C. Guadalajara Jalisco. 19-21 Julio. 5-10 pp. 2000.
- [30] ZUART, R.C.A. Aplicación de dos modelos matemáticos para predecir cambios de peso de toretes en pastoreo en trópico húmedo. Montecillo, Edo. de México Programa de Ganadería. Colegio de Posgraduados. (Tesis Maestría). 1-90 pp., 1999.
- [31] ZUART, R.C.A.; BÁRCENA, G.R.; MENDOZA, M.G.; HERNÁNDEZ, G.A.; GARCÍA, B.C.; VALDIVIA, A.R. Harina de carne, grasa protegida o urea como suplementos para toretes en pastoreo en el trópico húmedo. **Rev. Chapingo (Serie Ingeniería Agropecuaria).** 3:55-59, 2001.