

EVALUACIÓN DEL MODELO CNCPS-S PARA PREDECIR EL CRECIMIENTO DEL BORREGO PELIBUEY.

Evaluation of the CNCPS-S Model to Predict the Pelibuey Sheep Growth.

Fernando Duarte Vera ^{*1,2}, **Carlos Sandoval Castro** ² y **Luis Sarmiento Franco** ²

¹ *Campo Experimental Mocochoá, Centro de Investigación Regional del Sureste, INIFAP. Km 15 Carr. Mérida-Baca, Yucatán, México. Tel: (991)91-30005; Fax: (9999)9263045. E-mail: fduarte53@yahoo.com.mx*

² *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México. E-mail: ccastro@tunku.uady.mx - fsarmien@tunku.uady.mx*

RESUMEN

Se evaluó el modelo de carbohidratos y proteínas netas de la Universidad de Cornell para ovinos (CNCPS-S), en cuanto a su capacidad para predecir la ganancia de peso vivo y el consumo de alimento en ovinos de pelo. Se utilizó una base de datos con información procedente de 29 experimentos, con un total de 1189 ovinos Pelibuey y 93 dietas. Los datos se agruparon por sexo y se analizó la capacidad predictiva del modelo considerando como principales indicadores los coeficientes de correlación (r) y de regresión lineal (r^2), el error estándar de la estimación (MSE), el coeficiente de concordancia de la correlación (C_b y P_c), la media mínimo cuadrática del error de la predicción (MSEP), la eficiencia del modelo (MEF), y el coeficiente de determinación del modelo (CD). La predicción de la ganancia de peso vivo fue subestimada por el modelo. La r , r^2 y el C_b fueron mayores en las hembras que en los machos, con valores de 0,84; 0,71; 0,87; y 0,69; 0,48; 0,79, respectivamente, los valores de MEF indican una mayor eficiencia para los machos que en las hembras con valores de -0,004 y 0,443, respectivamente; el MSE fue menor en las hembras que en los machos, al igual que la MSEP y el CD, éste último cercano a la unidad, indicando una mejor predicción del modelo. Se concluye que el CNCPS-S fue más exacto en hembras pero más preciso en machos para predecir la ganancia de peso vivo en ovinos Pelibuey. La evaluación del modelo sugiere que el CNCPS-S puede emplearse para predecir la ganancia de peso en ovinos Pelibuey, sin embargo es necesario hacer adecuaciones para mejorar su capacidad de predicción en esta raza.

Palabras clave: Ovinos Pelibuey, evaluación del modelo CNCPS-S.

ABSTRACT

The Cornell Net Carbohydrate and protein System for sheep (CNCPS-S) was evaluated on its prediction capacity for daily weight gain and food intake of hair sheep. A data base containing information from 29 experiments, 1189 Pelibuey sheep and 93 diets was utilized. Data were grouped by sex, model adequacy was analyzed using correlation and lineal regression analysis (r and r^2), the mean square error or standard error of the estimate (MSE), the concordance correlation coefficient (CCC, " C_b y P_c "), the mean square error of prediction (MSEP), the model efficiency (MEF), and the determination coefficient of the model (CD). Daily gain prediction was sub estimated by the model. The r , r^2 and C_b were higher in females than males with values of 0.84, 0.71, 0.87, 0.48, y 0.69, 0.79, respectively, the MEF values indicated a better efficiency with males as compared with females with values of -0.004 y 0.443, respectively; ewes have lower MSE than males, similarly MSEP and CD, the last one closer to the unity, indicated a better prediction by the model. It was concluded that the CNCPS-S model was more accurate for females and more precise for males. The evaluation of the model indicated that the CNCPS-S can be used for predicting daily gain on hair sheep, however some adjustments are needed in order to improve the estimations with hair sheep.

Key words: Hair sheep, daily weight gain, model evaluation of CNCPS-S.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas utilizados para predecir los requerimientos de nutrimentos en los animales y el suministro de ingredientes, han evolucionado con el tiempo en función del esta-

do del conocimiento de los procesos biológicos y de la habilidad para predecir éstos bajo condiciones de campo. El modelo propuesto por el National Research Council (NRC) [43], predice los requerimientos y el desempeño productivo a partir de una dieta determinada, considerando el tamaño metabólico corporal, composición de los tejidos y de la leche, así como la composición química del alimento. Otros modelos [3, 4, 13, 33], han incorporado efectos que permiten explicar mejor la variación en el desempeño productivo. Algunos de éstos son: la disminución en la digestibilidad a nivel ruminal ocasionada por aumento en el consumo o en el contenido de fibra, la variación de las necesidades de proteína debido a la concepción de los sistemas que consideran el nitrógeno ruminal y la proteína degradable utilizados para predecir la producción de proteína microbiana, a través de la estimación del consumo de materia orgánica fermentable [2-4, 9, 13, 33, 43]. Sin embargo, estos sistemas se basan en cálculos estáticos de la degradación de los carbohidratos y proteínas y el rendimiento de la proteína microbiana, sin tomar en cuenta los requerimientos para el mantenimiento de los microorganismos y el N reciclados en el rumen [22].

El modelo de carbohidratos y proteínas netas de la Universidad de Cornell (Cornell Net Carbohydrate and Protein System; CNCPS), es un modelo matemático desarrollado para evaluar dietas y el comportamiento animal, basado en principios de la función ruminal, el crecimiento microbiano, la digestión y el pasaje de alimentos y la fisiología del animal [23]; considera también el efecto del medio ambiente y factores de manejo específicos y ha sido usado como herramienta para hacer más eficiente el uso de forrajes y disminuir el costo de la suplementación [54].

En el CNCPS, las predicciones de requerimientos para ganado bovino, se modificaron para usarse en ovinos [10] (CNCPS-S), prediciendo las necesidades energéticas con énfasis en la lactación. Este modelo mecanístico, predice valores biológicos del alimento y del crecimiento microbiano, considerando la relación entre la tasa de degradación de carbohidratos estructurales y no estructurales, la tasa de pasaje del alimento y la disponibilidad de N proteico y no proteico en el rumen [11].

Estos modelos fueron elaborados empleando ecuaciones de predicción con datos procedentes de forrajes, pastos y razas de ovinos lanares, que junto con la diferencia de las condiciones climáticas (principalmente temperatura y humedad), sugieren la necesidad de evaluar los modelos de predicción con ovinos de pelo en áreas tropicales. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el modelo CNCPS-S como herramienta para predecir la ganancia de peso vivo de ovinos Pelibuey durante la etapa de crecimiento en clima tropical.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, ubicada en Xmatkuil, municipio de Mérida, Yucatán, México.

Se efectuó una revisión bibliográfica en el área de nutrición de ovinos de pelo en regiones tropicales, seleccionando 29 experimentos [6-8, 14-20, 24-31, 34-37, 41, 42, 46-49, 51] realizados con un total de 1189 ovinos de la raza Pelibuey durante la etapa de crecimiento-finalización, de los cuales 26 trabajos emplearon ovinos Pelibuey de raza pura y 3 trabajos utilizaron ovinos cruzados de Pelibuey con razas paternas lanares (Dorset, Hampshire o Suffolk). El 83% de los experimentos se realizó con machos durante la etapa de crecimiento, el 7% con hembras en crecimiento y el 10% con hembras al inicio de la etapa de gestación. En la mayoría de los trabajos se utilizaron dietas integrales y solamente el 3% incluyó un concentrado ofrecido en relación al peso vivo como complemento alimenticio y forraje a libertad. El peso vivo de los animales y la edad al inicio de los experimentos fueron muy variables, con valores promedio de 21,6 kg y 0,5 años en machos y de 27 kg y 2,5 años en las hembras. Cabe mencionar que, tanto el peso como la edad de las hembras fueron mayores, debido a que solamente dos de los trabajos incluyeron hembras en crecimiento (TABLA I). Esto hace que el índice de madurez considerado en la ecuación (2) para calcular el contenido de energía en la ganancia de peso vivo vacío, fuese mayor en las hembras que en los machos. Para el cálculo de este índice, se consideró que el peso vivo maduro de las hembras es de 31,5 kg y en el caso de machos Pelibuey es de 46 kg, de acuerdo a la información de Berruecos [5]. Con esta información se elaboró una base de datos con un total de 93 dietas y la información requerida para evaluar el modelo CNCPS-S.

Los datos sobre la composición de alimentos, se obtuvieron de la librería tropical del CNCPS [52] y de tablas de composición de alimentos del NRC [44] para valores de total de nutrientes digestibles (TND), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente neutro efectiva (FDNe), de los ingredientes que no se encontraron en la primera fuente. Cuando alguno de los ingredientes no se encontró en ninguna de las fuentes mencionadas para obtener valores específicos como el porcentaje de fibra detergente neutro efectiva, el porcentaje de proteína indigestible u otros, se tomaron valores de otros ingredientes del mismo tipo y cuya composición química era similar en la librería tropical del CNCPS [52] con la finalidad de poder calcular el aporte total de la dieta e ingresar los datos para correr el modelo. Cuando esto no fue posible, no se consideró la dieta para el análisis correspondiente en la base de datos.

En los trabajos revisados que no reportaron la composición nutricional de la dieta integral, sino únicamente la del suplemento ofrecido como parte de la ración [6, 46, 49], se volvieron a calcular las dietas incluyendo al forraje para estimar el porcentaje de proteína cruda y la energía metabolizable contenida en la materia seca del total de la ración; posteriormente se estimó el consumo de energía por animal por día en Mcal de EM.

El peso vivo se estimó como el promedio entre el peso de los animales al inicio de los experimentos y el peso al final de los mismos; este dato sirvió para calcular el peso vacío y el

TABLA I
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ANIMALES DE LA BASE DE DATOS (MACHOS N=1112, HEMBRAS N=192)/
GENERAL CHARACTERISTICS OF ANIMALS IN DATA BASE (MALES N=112, FEMALES N=192)

	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	Peso Promedio (%)	Peso Vacío (kg)	Peso Metabólico (kg ^{0,75})	Edad (años)
Hembras						
Media	27,7	34,0	30,6	25,2	13,0	2,5
Máximo	32	42,1	36,7	30,3	14,96	3,0
Mínimo	10,4	23,3	16,9	13,9	8,3	0,3
DE	6,4	4,8	5,1	4,2	1,7	1,1
Machos						
Media	21,6	34,9	28,2	22,9	12,2	0,5
Máximo	34,0	47,6	37,9	30,8	15,3	2,0
Mínimo	12,0	26,8	19,3	15,7	9,2	0,3
DE	5,4	4,6	4,4	3,6	1,4	0,3

peso metabólico en cada una de las pruebas. Se presentan algunas ecuaciones del CNCPS-S, con la finalidad de hacer más explícita la metodología que se empleó en el presente trabajo.

Para calcular la ganancia de peso vivo (ADG), se empleó la ecuación propuesta por Cannas y col. [10].

$$ADG = RE/EVG \times 0,92 \quad (1)$$

donde:

ADG = ganancia diaria promedio (kg/día)

RE = energía neta disponible para ganancia (Mcal/día)

EVG = contenido de energía en la ganancia de peso "vacío" (equivalente a 0,92 de la ganancia de peso diaria) en Mcal de EN_g/kg

Este modelo se basa en la ecuación propuesta por CSIRO [13], modificada por Freer y col. [21], y es la siguiente:

$$EVG = (6,7 + 2X(L - 1)) + \frac{Z_1 - 2X(L - 1) \times 0,239}{1 + e^{-6X(P - 0,4)}} \quad (2)$$

donde:

L = nivel de alimentación en múltiplos de ME_m menos una unidad (Mcal/Mcal)

Z₁ = 16,5 (valor para razas de borregos más magras en relación a la merino)

P = Índice de madurez.

Para calcular la energía neta para mantenimiento (NE_m), se utilizó la ecuación de Cannas y col. [10], y que a continuación se describe:

$$EM_m = [SBW^{0,75} \times a1 \times a2 + \exp(-0,03 \times AGE)] + (-0,09 \times MEI \times k_m) + ACT + NE_{mes} + UREA/k_m \quad (3)$$

donde:

Em_m = requerimiento de energía metabolizable para el metabolismo basal en Mcal/día

SBW^{0,75} = al 96% del peso metabólico lleno en Kg.

a1 = requerimiento de energía para mantener la termorregulación, por Kg de peso metabólico para el metabolismo de ayuno (0,062 Mcal EM_m/kg^{0,75}).

a2 = factor de ajuste por efecto de temperatura ambiental (1 + 0,0091 x C°) siendo C° = 20 - a la temperatura promedio del mes anterior en C°.

exp(-0,03 x AGE) = expresión exponencial para ajuste de edad en años, sobre los requerimientos de mantenimiento decreciendo el requerimiento de 0,062 a 0,0519 EM_m/kg^{0,75} "vacío" (SBW^{0,75}) en animales entre 0 y 6 años.

MEI = consumo de EM en Mcal por día

k_m = coeficiente de eficiencia en la utilización de la energía, fijo a 0,644.

ACT = efecto de la actividad sobre los requerimientos para mantenimiento en Mcal/día. Incluye las actividades mínimas de comer, rumiar, cambios de postura y caminar.

NE_{mes} = Estimación de energía adicional a la de mantenimiento, para equilibrar el estrés por frío.

UREA = costo energético en Mcal EM_m para eliminar el excedente de N como urea.

Para la predicción de la eficiencia del uso de la energía para ganancia de peso (k_g), se utilizó la ecuación propuesta por Cannas [11], y que a continuación se presenta:

$$Kg = \frac{3}{4 + 11xREp} \quad (4)$$

donde:

REp = proporción de la energía de la proteína en la energía neta para ganancia (Mcal/Mcal).

Cabe mencionar que, este submodelo no contempla el efecto de raza y sexo como el modelo CNCPS para bovinos, debido a que estudios previos sostienen que la variación en los requerimientos de mantenimiento, dependen del plano de nutrición dentro de animales de una misma raza, (Olthoff y col., 1989 Freetly y col., 2002, citados por Cannas y col. [10]).

No se consideró necesario incluir el factor de ajuste para el efecto de estrés por frío (NE_{mes}) debido a las diferencias climáticas existentes entre el lugar de origen y las regiones tropicales.

Los modelos para crecimiento y consumo voluntario se presentan a continuación. Las ecuaciones para calcular los valores de ER y EVG son las mismas que las (3) y (2), respectivamente.

$$FBWc = [RE/(0,92 \times EVG)] \times 1,000 \quad (5)$$

$$DMI = 0,065 \times FBW^{0,75} \quad (6)$$

La información se analizó por separado para hembras y machos, y para el conjunto de datos. Para la evaluación del modelo, se utilizaron varios indicadores de acuerdo a la metodología sugerida por Tedeschi [53]:

1. Previa comprobación de linealidad mediante el paquete estadístico SAS [50]. Se realizó un análisis de "regresión lineal" donde se consideraron los valores observados en el eje de las "y", debido a que estos valores contienen la variación natural y los valores predichos por el modelo en el eje de las x, dado que son determinísticos y no tienen una variación al azar [32, 38, 39].
2. El error estándar de la estimación (MSE) es un indicador que se emplea para validar el modelo, sobre todo cuando se comparan varios modelos matemáticos [1].
3. El coeficiente de concordancia de la correlación (CCC), apropiado para variables continuas [12], evalúa la exactitud (Cb) y la precisión (^Pc) simultáneamente [53].
4. La media mínima cuadrática del error de la predicción, (MSEP), junto con el MSE, miden la exactitud del modelo.

5. La eficiencia del modelo (MEF), y el coeficiente de determinación del modelo (CD), son indicadores que evalúan que tan adecuado es el modelo empleado [53].

Los datos se sometieron a un análisis agrupando los datos por sexo, empleando el programa Model Evaluation System [40] (MES) versión 2.0.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores para ganancia de peso vivo en la base de datos, tienen un rango muy amplio por el diseño mismo de los experimentos, habiendo casos en los que el aporte de nutrientes limitó el crecimiento de los animales e incluso ocasionó la pérdida de peso. En contraste, en varios trabajos se observaron ganancias de peso vivo superiores a los 300 g por día en los machos.

El coeficiente de correlación entre la ganancia de peso observada y la calculada, fue altamente significativo (P<0,01) tanto en machos como en hembras; sin embargo, hay que tomar en cuenta que un alto coeficiente de correlación, no indica que la línea estimada de regresión sea un indicador adecuado del modelo, sobre todo si la relación no es lineal [53]; en este caso, el análisis de los datos indica que solo para las hembras, existe una tendencia cuadrática con un valor de la r² de 0,099, equivalente al 10% de la r² total que fue de 0,914; sin embargo, esta tendencia puede deberse al reducido número de observaciones de los cuales uno de los puntos parece tener mayor influencia, como se puede apreciar en la FIG. 2. En el caso de los machos, el componente parcial de la r² fue prácticamente nulo con un valor de 0,00001, por lo que la respuesta fue lineal (FIG. 1), con un valor de la r² total de 0,495, valor inferior comparado con el obtenido con las hembras. El consumo de materia seca observado fue ligeramente superior a lo que se reporta en la literatura, así por ejemplo, para borregos de 30 kg con una ganancia de peso vivo de 295 g, el NRC [45] estima un consumo de materia seca de 1,3 kg, equivalente al 4% del peso vivo, mientras que el promedio de lo observado equivale al 4,6%; esta diferencia se incrementó en los animales más pesados, 4,0 y 5,3% del peso vivo para el NRC y observado, respectivamente. Esta situación es similar en las hembras en donde la diferencia se incrementa en animales más pesados.

El CNCPS-S, predice la digestibilidad cuando el pH ruminal es de 6,2 o mayor, y para las dietas con alto contenido de granos, considera la posibilidad de incluir en el modelo el efecto de ionóforos o moduladores de la fermentación ruminal, sin embargo, esta información no se tiene en la mayoría de los experimentos de la base de datos por lo cual no se consideró. Es importante señalar que en el CNCPS-S la predicción de la digestibilidad de la dieta está fuertemente influenciada por el pH ruminal [10], y dado que la mayoría de las dietas de la base de datos tienen niveles altos de grano, es posible que el pH ruminal en los animales haya estado por debajo de 6,2 y por lo tanto, afectar negativamente la digestibilidad; esto daría

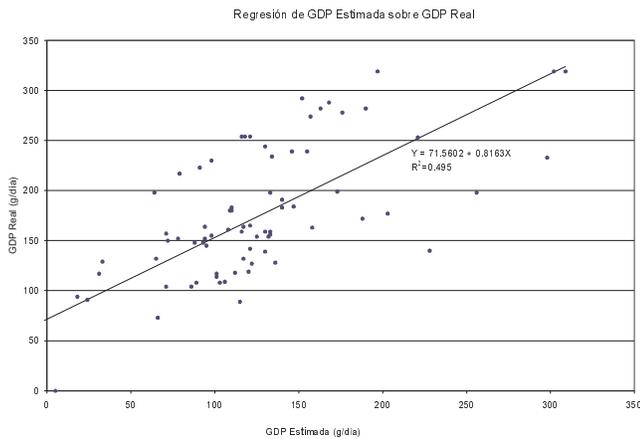


FIGURA 1. CORRELACIÓN DE GANANCIA DE PESO ENTRE VALORES PREDICHOS POR EL CNCPS-S Y OBSERVADOS EN OVINOS PELIBUEY MACHOS/ CORRELATION BETWEEN OBSERVED (DATA BASE) AND PREDICTED (CNCPS-S) DAILY WEIGHT GAIN IN MALE PELIBUEY SHEEP.

como consecuencia, una disminución en disponibilidad de energía para el animal y por lo tanto, predecir menores ganancias de peso vivo, como se aprecia en la TABLA II. Por otro lado, el balance de nitrógeno en el rumen fue positivo en general, con una media de 8,1 (TABLA II); solamente 5 de las 93 dietas tuvieron resultados negativos que correspondieron a dietas con niveles bajos de proteína cruda (de 5 a 9%), sin embargo, la diferencia en la predicción de la GDP en estos casos respecto a la observada, es incluso menor a la desviación estándar de la media y se considera que no afectan los resultados globales.

Los indicadores para la evaluación del modelo, se presentan en la TABLA III. La predicción de la ganancia de peso vivo en el CNCPS-S está subestimada, con relación a los datos observados. Sin embargo, hay que considerar que existen varios factores que pueden contribuir a que la predicción en la ganancia de peso esté subestimada; por ejemplo: es posible que el cálculo del valor energético de las dietas empleadas tenga sesgo, debido a que son pocos los experimentos en el trópico que determinan el valor energético real de los ingredientes y dietas, prácticamente todos los reportes del valor energético están basados en las tablas de composición de alimentos disponibles y que en el caso particular de insumos regionales como desechos orgánicos (pollinaza, cerdaza, etc.), esquilmos agrícolas, subproductos como la melaza o incluso productos como la yuca, la información nutricional es incompleta e insuficiente, al menos en los componentes que requiere el CNCPS-S para alimentar los sub-modelos de predicción. En estas circunstancias, no sería un error del modelo, sino del cálculo del valor energético de la dieta y como consecuencia, del aporte y consumo real de energía y por lo tanto, la predicción de la ganancia de peso vivo sería menor. Otra posibilidad sería, que los requerimientos de energía para el manteni-

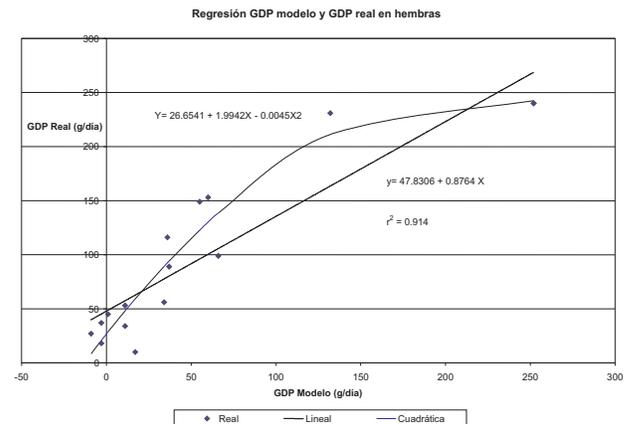


FIGURA 2. CORRELACIÓN DE GANANCIA DE PESO ENTRE VALORES PREDICHOS POR EL CNCPS-S Y OBSERVADOS EN OVINOS PELIBUEY HEMBRAS/ CORRELATION BETWEEN OBSERVED (DATA BASE) AND PREDICTED (CNCPS-S) DAILY WEIGHT GAIN IN FEMALE PELIBUEY SHEEP.

miento estuvieran sobreestimados, quedando de esta manera una mayor cantidad de energía disponible para ganancia de peso, como se menciona en el trabajo de Cannas y col. [11]. En este sentido, es posible que el menor peso vivo que tienen los ovinos de la raza Pelibuey en comparación con las razas de clima templado, y su correspondiente índice de madurez, hayan influido parcialmente la predicción de la ganancia de peso en el modelo.

Los valores de MEF indican una mayor eficiencia para los machos que en las hembras con valores de -0,004 y 0,443, respectivamente (TABLA III), sin embargo, hay que señalar que en éstas, el número de observaciones fue mucho menor. El coeficiente de correlación (r) y el coeficiente de concordancia (C_b) fueron mayores en las hembras que en los machos, con valores de 0,84; 0,87; 0,69 y 0,79, respectivamente, indicando que el modelo fue más preciso y más exacto en las hembras; los valores de los datos en conjunto fueron intermedios entre ambos (TABLA III). Sin embargo, estos dos indicadores no son suficientes para evaluar el modelo, ya que ello podría llevar a conclusiones erróneas, como mencionan algunos autores [53]. El MSE fue menor para los datos de machos y hembras en conjunto, posiblemente como reflejo de un mayor número de observaciones, disminuyendo en todo caso, la dispersión de la varianza del error de las estimaciones.

La diferencia entre la r^2 y la r^2 "resistente" fue de un 30% inferior en los machos y 15% superior en las hembras, indicando que al usar la mediana en lugar de la media y minimizar el efecto de los valores extremos calculados por el modelo, mejoró la respuesta de las hembras solamente. Es posible que esto se deba en parte, a que en los machos hay un mayor número de observaciones, de las cuales varios datos se localizan por arriba de lo esperado en el modelo (FIG. 1), en cambio, en el

TABLA II
VALORES OBSERVADOS Y PREDICHOS CON EL MODELO CNCPS-S SOBRE LA GDP EN OVINOS PELIBUEY,
Y PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS DIETAS (MACHOS N=77, HEMBRAS N= 16)/ OBSERVED AND PREDICTED
VALUES WITH CNCPS-S ON DWG, AND MAIN DIET CHARACTERISTICS (MALES N=77, FEMALES N=16)

	GDP observada	GDP esperada*	CMS	CEM	FDNe	PC	BNR*	Forraje	TND*
Machos									
Media	171,6	122,5	1,3	3,2	13,83	13,5	8,10	34,1	51,1
Máximo	319,0	309,0	2,0	5,6	32,91	20,0	16,85	73,4	79,5
Mínimo	-46,0	-14,0	0,6	1,6	0,13	5,1	-3,67	6,0	29,9
DE	72,0	62,0	0,3	0,83	6,90	2,8	5,70	17,4	10,6
Hembras									
Media	150,2	99,9	1,2	2,9	17,38	12,0	4,63	45,8	52,0
Máximo	240,0	252,0	1,7	4,8	22,95	16,9	14,46	68,7	62,3
Mínimo	10,0	-9,0	0,6	1,3	9,86	8,9	-0,05	13,2	32,6
DE	81,0	83,0	0,33	1,1	4,30	2,7	4,41	18,2	9,0

PV= peso vivo (kg); $PV^{0,75}$ = peso metabólico (kg); GDP = ganancia diaria de peso (g); CMS = consumo de materia seca (kg/animal/día); CEM = consumo de energía metabolizable (Mcal de EM/animal/día); FDNe = fibra detergente neutro efectiva como porcentaje de la FDN en la ración; PC = proteína cruda, como porcentaje de la materia seca; BNR = balance de Nitrógeno en el rumen; Forraje = contenido de forraje como porcentaje de la materia seca de la dieta; TND = total de nutrientes digestibles, como porcentaje de la materia seca; DE = desviación estándar de la media.
 *Valores calculados por el modelo CNCPS-S.

TABLA III
RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL CNCPS-S COMO MODELO PARA LA PREDECIR LA GANANCIA DE PESO VIVO
EN OVINOS PELIBUEY/ RESULTS OF CNCPS-S ANALYSIS AS A MODEL FOR PREDICTION OF DAILY WEIGHT GAIN OF PELIBUEY SHEEP

Indicador	CNCPS-S		
	Machos	Hembras	M y H
N	77	16	93
Regresión lineal	$Y = 63 + 0,85 X$	$Y = 49,71 + 0,94 X$	$Y = 63,16 + 0,85 X$
R	0,69	0,84	0,77
R ²	0,476	0,71	0,59
r ² resistente	0,333	0,818	0,402
MSE	2748,35	2669,10	2515,85
C _b	0,790	0,874	0,831
P _c	0,545	0,736	0,638
DM	47,9	46,1	46,6
DM (% de lo predicho)	38,7	77,7	41,3
DM (% de lo observado)	27,9	43,7	29,2
MEF	-0,004	0,443	0,212
CD	0,834	0,936	0,853
MSEP	5128,92	4486,62	4739,71

n = número de dietas analizadas; r = coeficiente de correlación; r² = coeficiente de regresión; r² resistente = coeficiente de regresión ajustado; MSE = error estándar de la desviación; C_b y P_c = coeficientes de concordancia; DM = desviación de la media; MEF = eficiencia del modelo; CD = coeficiente de determinación; MSEP = media mínimo cuadrática del error de la predicción.

caso de las hembras, los "valores extremos" (ubicados en el extremo superior derecho de la gráfica en la FIG. 2), son menores y al minimizar el efecto de estos datos mejora el valor de la r² "resistente" en el porcentaje mencionado anteriormente.

Estos puntos corresponden a trabajos donde se emplearon hembras en crecimiento, alimentadas con dietas integrales que contenían entre 2,68 y 2,8 Mcal de EM/kg de materia seca, lo cual permitió que las ganancias de peso vivo fueran

superiores a las de los otros experimentos, cuyos valores energéticos fluctuaron entre 2,05 y 2,43 Mcal de EM.

La desviación de la media como porcentaje de lo observado, presenta valores más bajos en los machos, indicando una mayor precisión del modelo. La media del error de la predicción (MSEP) presenta un valor más bajo en las hembras, lo que junto con el del coeficiente de determinación (CD), este último cercano a la unidad, indican una mejor predicción del modelo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El CNCPS-S fue más exacto en hembras pero más preciso en los machos. Los valores encontrados en el análisis del modelo, sugieren que el CNCPS-S puede utilizarse para predecir la ganancia de peso en ovinos de pelo si se corrige la subestimación.

Se considera conveniente continuar con esta línea de investigación, con el objeto de actualizar los requerimientos de energía para mantenimiento de ovinos de pelo durante la etapa de crecimiento y engorde, ajustar el modelo para mejorar la predicción de la ganancia de peso vivo y complementar la información necesaria en la librería tropical del CNCPS-S para los ingredientes que no se incluyen y que tienen potencial para utilizarlos como parte de la alimentación de ovinos en el trópico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANALLA, M. Model validation through the linear regression fit to actual versus predicted values. **Agric. Syst.** 57: 115-119. 1998.
- [2] AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). The nutrient requirements of ruminant livestock. N° 2 Ruminants. Technical Review Working Party. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK. 368 pp. 1980.
- [3] AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). Necesidades energéticas y proteicas de los rumiantes. Manual de consulta preparado por el Comité Técnico sobre respuestas a los nutrientes del AFRC. CAB International, Wallingford, UK: 1-46pp. 1993.
- [4] AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL (AFRC). Energy and Proteins Requirements of Ruminants. CAB International, Wallingford. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford, UK: 1-39pp, 1995.
- [5] BERRUECOS, J.M.V.; VALENCIA, Z.M.; CASTILLO, R.H. Genética del Borrego Tabasco o Pelibuey. **Tec. Pec. Mex.** No. 29: 59-56. 1975.
- [6] BORES, Q.R.; MARTÍNEZ, A.A.M.; CASTELLANOS, R.A. Crecimiento compensatorio en el borrego Pelibuey. **Tec. Pec. Méx.** 26 (1): 8-15. 1988.
- [7] BORES, R.Q.; VELÁZQUEZ, M.A.; HEREDIA, M.A. Evaluación de razas terminales en esquemas de cruce comercial con ovejas de pelo F1. **Tec. Pec. Méx.** 40 (1): 71-79. 2002.
- [8] BORES, R.Q.; VELÁZQUEZ, M.A.; HEREDIA, M.A. Evaluación de niveles energéticos y pesos de sacrificios de corderos terminales Suffolk X Pb. **Segundo Congreso Latinoamericano de especialistas de pequeños rumiantes y camélidos SUDAMERICANOS.** 22-25 de mayo, Mérida. Yuc. Memoria en disco compacto. 2001.
- [9] BURROUGHS, W.; TRENKLE, A.; VETTER, R.L. A system of protein evaluation for cattle and sheep involving metabolizable protein (amino acids) and urea fermentation potential of feedstuffs. **Vet. Med. Small Anim. Clin.** 69: 713. 1974.
- [10] CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; VAN SOEST, P.J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **J. of Anim. Sci.** 82: 149-169. 2004.
- [11] CANNAS, A.; TEDESCHI, L.O.; ATZORI, A.S.; FOX, D.G. Prediction of Energy Requirement for Growing Sheep with the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. In: Kebreab, E., Dijkstra, J., Bannink, A., Gerrits, W.J.J. and France, J. (Eds.). **Nutrient Digestion and Utilization in Farm Animals. Modelling Approaches.** CABI Publishing, Wallingford UK. 99-113pp. 2006.
- [12] COHEN, J.A. Coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Physiological Measurement.** 20: 37-46. 1960.
- [13] COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION (CSIRO). Feeding Standards for Australian livestock. CSIRO. Publications, Melbourne, Australia. 288 pp. 1990.
- [14] CHÁVEZ, R.G.; CASTELLANOS, R.A.; VELÁSQUEZ, M.A. Producción de las ovejas Pelibuey pre y posparto alimentadas con diversos aportes nutricionales. **Tec. Pec. Mex.** 33 (3): 183-191. 1995.
- [15] DUARTE J., A.L. Comportamiento del borrego Pelibuey en crecimiento compensatorio, alimentado en base a rastrojo de maíz tratado con álcalis (NH₃, HaOH, urea), MVZ UNAM. Tesis de licenciatura, 7-21 pp. 1983.
- [16] DUARTE, V.F.; PELCASTRE, O.A.; HERRERA, L.A. La yuca, una alternativa para la alimentación de rumiantes. Folleto para productores INIFAP, CIRSE. Mérida, Yucatán Octubre 6-20. 11-20 pp. 2000.
- [17] DUARTE, V.F.; PELCASTRE, O.A. La yuca (*Manihot esculenta*) como fuente energética en dietas integrales para engorda de borregos Pelibuey y su cruce con Hampshire. **Tec. Pec. Méx.** 36 (2): 173-178. 1998.
- [18] DUARTE, V.F.; PELCASTRE, O.A. Utilización de la yuca como alimento para el ganado. **Memorias de la Primera**

Reunión Estatal de Investigación Agropecuaria y Forestal. Mérida Yucatán. Enero 15 y 16. 1-7pp 2004.

- [19] DUARTE, V.F.; PELCASTRE, O.A. Substitución de pollinaza por forraje de yuca en la engorda de borregos. **Memorias de la XVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal.** La Habana, Cuba. Noviembre 20-23. 323-324pp. 2001.
- [20] DUARTE, V.F.; PELCASTRE, O.A. Engorda de borregos con ensilaje de yuca con o sin pasta de soya y metionina. **Memorias de la XVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal.** La Habana, Cuba. Noviembre. 315pp. 2001.
- [21] FREER, M.; MOORE, A.D.; DONNELLY, J.R. Grazplan: Decision support system for Australian grazing enterprises: II. The animal biology model for feed intake, production and reproduction and the grazefedd DSS. **Agric. Syst.** 54: 77-126. 1997.
- [22] FOX, D.G.; BARRY, M.C. Predicción de los requerimientos y suministro de nutrientes para el ganado con el sistema de carbohidratos y proteínas netas de Cornell. **Curso de el "Uso de un modelo Computacional para el Manejo Nutricional de Bovinos y Ovinos"**. FMVZ-UADY, Mérida. Octubre 11-15. Yucatán. 25-56pp. 2004.
- [23] FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUKI, T.P.; RUSSELL, J.B.; VAN AMBURG, M.E.; CHASE, L.E.; PELL, A.N.; OVERTON, T.R. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and excretion. **Anim. Feed Sci. and Technol.** 112: 29-78. 2004.
- [24] G. CANTÓN, C.J.; MOGUER, O.Y.; CASTELLANOS, R.A. Utilización de las deyecciones avícolas como fuente fosforada para rumiantes. **Tec. Pec. Méx.** 34 (3): 160-166. 1996.
- [25] G. CANTÓN, C.J.; VELÁZQUEZ, M.A.; CASTELLANOS, R.A. Body composition of pure and crossbred Blackbelly sheep. **Small Rum. Res.** (7): 61-66. 1992.
- [26] G. CANTÓN, C.J.; MOGUER, O.Y.; CASTELLANOS, R.A. Estimación de rendimiento energético de mantenimiento en borrego Pelibuey en clima tropical. **Tec. Pec. Méx.** 33 (2): 66-73. 1995.
- [27] G. CANTÓN, C.J.; BORES Q.R.; HEREDIA, A.M. Influencia del nivel energético en el comportamiento de borregas Pelibuey vacías. **Memorias del V Congreso Nacional de Producción Ovina.** AMTEO. Nuevo León 1-4 abril. 5-7pp. 1992.
- [28] G. CANTÓN, C.J.; MOGUEL, O.Y.; ROJAS, R.O.; MIRANDA, S.J.; CASTELLANOS, R.A. Estimación del daño inducido por el cobre de la pollinaza empleada en la alimentación de ovinos. **Tec. Pec. Méx.** 32 (2): 82-89. 1994.
- [29] G. CANTÓN, C.J.; BORES, Q.R.; CASTELLANOS, R.A. Medición de requerimiento energético de gestación y lactación de borregas Pelibuey. **XI Congreso Nacional de la AMENA, I Congreso Latinoamericano de Nutrición Animal.** Cancún QR, México. Agosto 18-23. 415-416pp. 2003.
- [30] G. CANTÓN, C.J.; VELÁZQUEZ, M.A. Productividad de corderos terminales de razas de pelo cruzados con Suffolk. Producción de ovinos en el trópico. Avances de investigación. SARH-INIFAP Publicación Especial. 17-21pp. 1993.
- [31] G. CANTÓN, C.J.; BORES, Q.R.; MOGUEL, O.Y. Comportamiento productivo y algunas características de la canal de ovinos alimentados con estiércol fresco de cerdo. **Memorias de la XXXV Reunión de Investigación Pecuaria.** Yucatán México 19-22 de Octubre. 230pp. 1999.
- [32] HARRISON, S.R. Regression of a model on real-system output: an invalid test of model validity. **Agric. Syst.** 34: 183-190.
- [33] INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE (INRA). Alimentation des Ruminants. Ed. INRA Publications, Versailles, France: 403-448 pp. 1978.
- [34] LICEAGA, R.D.; RODRÍGUEZ, G.F.; RAMÍREZ, V.F.A. Respuesta de borregos Pelibuey a distintas combinaciones de melaza y gallinaza en dietas integrales. **Tec. Pec. Méx.** 29 (3): 105-110. 1991.
- [35] MARTÍNEZ, A.A.M. Crecimiento de borregos Tabasco alimentados con rastrojo de maíz tratado con amoníaco anhidro. **FMVZ UNAM.** Tesis de licenciatura. 5-23pp. 1984.
- [36] MARTÍNEZ, A.A.M.; BORES, Q.R.; VELÁZQUEZ, M.A.; CASTELLANOS, R.A. Influencia de la castración y del nivel energético de la dieta sobre el crecimiento y composición corporal del borrego Pelibuey. **Tec. Pec. Méx.** 28 (3): 125-132. 1990.
- [37] MARTINEZ, A.A.M.; SORIANO, T.J.; SHIMADA, A.S. Crecimiento de borregos Pelibuey alimentados con rastrojo de maíz tratado con amoníaco anhidro. **Tec. Pec. Méx.** 48: 54-61. 1985.
- [38] MAYER, D.G.; BUTLER, D.G. Statistical validation. **Ecolog. Mod.** 68: 21-32. 1993.
- [39] MAYER, D.G.; STUART, M.A.; SWAIN, A.J. Regression of real-world data on model output: an appropriate overall test of validity. **Agric. Syst.** 45: 93-104. 1994.
- [40] MODEL EVALUATION SYSTEM. By license of Dr. Luis O. Tedeschi; 230 Kleberg Center, TAMU College Station, TX 77840. 2006.
- [41] MOGUEL, O.Y.; G. CANTÓN, C.J.; CASTELLANOS, R.A. Bioevaluación de la técnica de solubilidad cítrica. **Memorias de la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria.** Tabasco 12-16 noviembre. México: 388-390pp. 1990.

- [42] MURGUÍA, O.M.L.; PACHECO, A.J.; CASTELLANOS, R.A. La rumenitis causada por acidosis ruminal no afecta la digestibilidad de los nutrimentos en los ovinos Pelibuey. **Tec. Pec. Méx.** 41 (3): 329-336. 2003.
- [43] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Ruminant Nitrogen Usage. Subcommittee on Nitrogen Usage in Ruminants, Committee on Animal Nutrition, National Academic Press, Washington, DC. 148 pp. 1985.
- [44] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7 th Rev. Ed. 10 Prediction Equations and Computer Models. 192-217pp. 1996.
- [45] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient Requirements of Sheep. 6 th Rev. Ed. 2-8 pp. 1985.
- [46] PARTIDA, B.E. Evaluación del crecimiento compensatorio de borregos en etapa de finalización, mediante el uso de ensilaje de maíz amoniado. **UNAM**. Tesis de licenciatura. 9-40 pp. 1983.
- [47] PARTIDA DE LA P., J.A.; MARTÍNEZ, R.L. Comportamiento de borregos Pelibuey alimentados con dos niveles de energía en cuatro periodos de crecimiento. **Tec. Pec. Méx.** 30 (1): 1-11. 1992.
- [48] RODRÍGUEZ, G.F.; BUE, H.A. Respuesta de la oveja Pelibuey gestante en confinamiento a dos niveles de proteína y de energía en la dieta. **Tec. Pec. Méx.** (51): 96-103. 1986.
- [49] ROMANO, M.J.L.; HERNÁNDEZ, G.J.; CASTELLANOS, R.A. Repercusión del valor nutritivo de la dieta sobre el crecimiento del borrego Pelibuey. **Tec. Pec. Méx.** No. 45: 67-79. 1983.
- [50] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE (SAS). Release 6.03, Cary NC, USA: 1988.
- [51] SORIANO, T.J.; MARTÍNEZ, A.A.M.; SHIMADA, M.A.S. Tratamiento de heno de pasto salado (*Distichlis spicata*) con amonio anhidro para borregos Pelibuey en crecimiento. **Tec. Pec. Méx.** (33) (1): 43-47. 1995.
- [52] TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; DUARTE, L.D.P.; BOIN, C. Development and evaluation of a tropical feed library for the Cornell Net Carbohydrate and Protein System Model. **Sci. Agri.** (59) (1): 1-18. 2002.
- [53] TEDESCHI, L.O. Assessment of the Adequacy of Mathematical Models. **Agr. Syst.** 89 (2-3): 225-247. 2006.
- [54] TYLUKI, T.P.; FOX, D.G.; MC MAHOM, M. Implementation of the cu NMPS: development and implementation of alternatives. In: **Proceedings of the Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers**. Cornell University, Ithaca, NY. 57-70 pp. 2002.