

Efecto del nivel de complementación sobre la ganancia de peso de corderos Pelibuey estabulados*

Galdina Edith González del Angel**

Epigmenio Castillo Gallegos**

Cristino Cruz Lazo**

Jan M. Besten***

Abstract

The objectives of the present experiment were: a) To evaluate the effect of different levels of supplementation with concentrate plus cut and carried Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*) upon feedlot performance of growing Pelibuey ram lambs, b) To estimate relationships among intake of dry matter and crude protein and average daily gain and c) To calculate some indicators of profitability of the different feeding treatments tested. Eighty four Pelibuey ram lambs with average age and weight of three months and 12.5 ± 3.1 kg, respectively, were fed for a period of 98 days. Animals were randomly assigned to four experimental groups of 21 animals each, and were kept under feedlot conditions where they received a basal feed of freshly chopped Taiwan grass and a concentrate (average crude protein content of 17.8%), given at rates of 0%, 1%, 2% and 3% of the animal liveweight. Average daily gains (ADG) per treatment in the above order were 0.006, 0.048, 0.094 and 0.144 kg/lamb. Dry matter intake from the supplement (SDMI) was 0, 0.143, 0.324 and 0.525 kg/lamb, and that of Taiwan grass (FDMI) was 0.412, 0.376, 0.334, 0.321 kg/lamb. Accordingly, feed conversion efficiencies were 68.7, 8.9, 7.0 and 5.9 kg of dry matter per kg of ADG. In the same token, months to reach market weight (30 kg) were 97.5, 9.9, 5.9 and 4, respectively. Linear regression between total dry matter intake (TDMI, dependent) and ADG (independent) showed that TDMI at maintenance was 0.368 kg/lamb/day (intercept), and that each 0.1 kg of increase regarding ADG, required an increment of 0.319 kg DM/lamb/day in TDMI (regression coefficient). Crude protein intake (CPI) at maintenance was 0.024 kg/lamb/day (intercept), and each 0.1 kg of increase in ADG required an increment of CPI of 0.053 kg/lamb/day (regression coefficient). Direct rates of return ($\{\text{gross income minus feeding cost}/\text{feeding cost}\} \times 100$) were -77%, 66%, 104% and 139% for 0%, 1%, 2% and 3% supplementation levels. It is concluded that the maximum potential for dry matter intake and average daily gain was not reached, mainly due to reduced age and weight of the lambs and limited value that the diets had for this type of animals. Therefore, there is the need to study the response of young lambs to forages of higher nutritive value in combination with feeds of higher energy and protein contents. All supplementation levels were profitable, and will remain so, if the income and cost do not change in the medium term future.

Key words: SUPPLEMENTATION, BY-PRODUCTS, PELIBUEY RAM LAMBS, FEEDLOT, WEIGHT GAIN.

Resumen

El presente estudio se llevó a cabo con el fin de estimar el desempeño productivo de corderos Pelibuey, del destete al peso de comercialización, en función del nivel de complemento recibido. El estudio se realizó en un sitio con clima cálido (23.5°C de temperatura media anual) y húmedo (1991 mm anuales), con lluvias todo el

Recibido el 14 de febrero de 1996 y aceptado el 7 de octubre de 1996.

* Parte de este trabajo corresponde a la tesis de licenciatura del primer autor.

** Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Apartado Postal 136, Martínez de la Torre, 93600, Veracruz, México.

*** Universidad Larenstein, Deventer, Países Bajos.

año, clasificado como Af(m)w'(e) que posee suelos ultisoles ácidos (pH de 4.5 a 5.2) de baja fertilidad (deficientes en N y P). La investigación duró 98 días; se utilizaron 84 corderos Pelibuey de 3 meses de edad sin castrar, con peso de 12.5 ± 3.1 kg que se asignaron al azar dentro de cuatro grupos de 21 borregos. Los animales fueron alimentados con forraje fresco y picado de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) de aproximadamente 90 días de rebrote más concentrado de 17.8% de proteína cruda y 11.5 MJ/kg MS de energía metabolizable, a razón de 0%, 1%, 2% y 3% del peso del animal. Las ganancias diarias de peso (GDP) por grupo fueron 0.006, 0.048, 0.094 y 0.144 kg/cordero. El consumo de materia seca del concentrado (CMS) fue de 0, 0.143, 0.324 y 0.525 kg/cordero/día y el de forraje (CMS_f) de 0.412, 0.376, 0.334 y 0.321 kg/cordero/día. En el mismo orden, las conversiones alimenticias fueron 68.7, 8.9, 7.0 y 5.9 kg de MS/kg de GDP. Los meses para alcanzar el peso de mercado (30 kg) fueron 97.5, 9.9, 5.9 y 4.0, respectivamente. La regresión lineal entre consumo total de materia seca (CMS_t, Y) y GDP (X) mostró que el CMS_t cuando la GDP = 0 fue 0.368 kg/cordero/día (ordenada al origen) y que cada 0.1 kg de aumento en GDP requirió de un aumento de 0.319 kg/cordero/día en el CMS_t (coeficiente de regresión). El consumo de proteína cruda a cero GDP fue de 0.024 kg/cordero/día (ordenada al origen) y cada 0.1 kg de aumento en GDP requirió un aumento en el consumo de proteína cruda de 0.053 kg/cordero/día (coeficiente de regresión). La tasa de retorno directo [(ingreso bruto-costeo de alimentación/costo de alimentación)×100] fue de: -77%, 66%, 104% y 139% para los niveles de complementación de 0%, 1%, 2% y 3%, respectivamente. Se concluyó que los animales pudieron haber consumido más materia seca y ganado más peso, dada la respuesta ascendente a la complementación. Por lo tanto, su máximo potencial para ganancia de peso no fue desafiado. Existe la necesidad de estudiar la respuesta a forrajes de mejor calidad, en combinación con fuentes de proteína de mejor calidad y con más concentración de energía digestible. Todos los niveles de complementación resultaron redituables con las relaciones de precios utilizadas, suponiendo la existencia de un mercado seguro para el producto.

Palabras clave: SUPLEMENTACIÓN, SUBPRODUCTOS, CORDEROS PELIBUEY, ESTABULACIÓN, GANANCIA DE PESO.

Introducción

La creciente demanda de carne en el mercado nacional ha propiciado la explotación del ovino Pelibuey en el trópico mexicano. Esta raza es la más difundida debido a su tamaño pequeño, rusticidad, poca o nula estacionalidad reproductiva y alta prolificidad.^{2,8} La combinación entre el alto potencial del trópico para producir forraje barato y la cría del ovino, puede ayudar a reducir las importaciones que en 1990 erogaron \$ 8'133,000 dólares.¹³ Sin embargo, el bajo valor nutritivo de las gramíneas tropicales, producto del manejo inadecuado, es la causa de que el animal no manifieste su potencial para ganar peso.^{4,6}

En pastoreo, los corderos lactantes ganan de 0.100 a 0.140 kg/día. Sin embargo, la ganancia posdestete es menor a 0.050 kg/animal/día, lo que requiere de 426 a 517 días para llegar al peso comercial de 30 kg.^{7,10} Esos periodos son de 1.9 a 2.4 veces superiores al intervalo entre partos de la oveja. Al no comercializar sus animales a edades tempranas, el productor enfrenta una sobrepoblación animal que sobrepastorea el forraje disponible, disminuyendo las ganancias de peso, fomentando la degradación de la pastura y acentuando los problemas sanitarios en los animales. En pastoreo, la mortalidad puede ser mayor a 20%, particularmente después del destete, cuando los niveles inadecuados de nutrimentos interactúan desfavorablemente con altas parasitosis.⁹ Por el contrario, en estabulación, la mortalidad se reduce al 0.5%.¹¹

En el trópico, la pulpa de cítricos y otros subproductos agroindustriales, utilizados racionalmente pueden ayu-

dar a reducir el tiempo de engorda y las altas mortalidades del cordero en pastoreo. En el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) se engordaron en estabulación, corderos Pelibuey de 6 meses de edad, los cuales se alimentaron con forraje fresco y picado de pasto Taiwán y niveles crecientes de complemento elaborado con pulpa de cítrico deshidratada y gallinaza como ingredientes básicos. La mayor ganancia de peso: 0.240 kg/animal/día correspondió al nivel de 3% de complemento con base en el peso vivo del animal.¹¹ Sin embargo, se desconocía la respuesta de animales recién destetados (3 meses de edad) en condiciones experimentales similares.

El presente estudio se llevó a cabo con el fin de estimar el desempeño productivo de corderos Pelibuey, del destete al peso de comercialización, en función del nivel de complemento recibido.

Material y métodos

El experimento se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado a 105 msnm, 20°4' de latitud norte y 97°3' de longitud oeste, en el municipio de Tlapacoyan, estado de Veracruz, que presenta un clima cálido-húmedo con lluvias todo el año [Af(m)w'(e)]¹⁴ y suelos ultisoles ácidos de baja fertilidad.

El ensayo duró 98 días, del 13 de marzo al 12 de junio de 1991. Se utilizaron 84 corderos Pelibuey sin castrar, de

3 meses de edad y peso promedio de 12.5 ± 3.1 kg, que se asignaron aleatoriamente a los tratamientos: 0%, 1%, 2% y 3% de complementación ofrecida de acuerdo al peso del animal. El complemento consistió en 45% de pulpa de cítricos deshidratada, 15% de maíz o sorgo, 39% de pollinaza y 1% de sal mineralizada, con 17.8% de proteína cruda y energía metabolizable (EM) de 11.61 MJ/kg MS, respectivamente, el cual se dio a las 9:00 AM. La alimentación básica fue pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*), de 90 días de edad promedio al corte, que se cortó a las 7:00 AM y se picó antes de las 9:00 AM del mismo día, hora a la que se colocó en el comedero junto con el complemento. La misma operación se efectuó a las 3:00 PM, pero sin complemento. La PC promedio del Taiwán fue de 5.25% y su EM fue de 7.33 MJ/kg MS.

Los corrales, con piso de tierra, de 10.5 m de ancho y 17.0 m de largo, se cercaron con malla borreguera de 1.25 m de altura y postes de madera. Cada uno contaba con 23 m² de sombra y un bebedero permanente de 100 litros. Los comederos de madera medían 2.5 m de largo, 60 cm de ancho y 30 cm de fondo, colocados bajo la sombra.

Los animales se pesaron al inicio y final de la prueba, previo ayuno alimenticio de 12 a 14 horas. Durante el estudio se pesaron quincenalmente pero sin ayuno. Los mismos días se aprovecharon para desparasitar internamente a los corderos.

El consumo de forraje (CMS_f , kg MS/cordero/día) por tratamiento se midió en dos ocasiones durante la prueba. La primera, en la semana del 9 al 15 de abril, y la segunda, del 7 al 13 de mayo. Cada tercer día se midió la oferta y rechazo de Taiwán fresco y se tomaron muestras para estimar el contenido de materia seca, para el cálculo por diferencia del CMS_f . Las mismas muestras sirvieron para el análisis químico proximal. El CMS_f promedio se obtuvo de las cuatro observaciones correspondientes a los días 1, 3, 5 y 7 de las dos semanas, con base en el supuesto de que el CMS_f aumentaba linealmente a la par del crecimiento animal. El consumo total de materia seca (CMS_t , kg MS/cordero/día) se obtuvo sumando el CMS_f y el complemento (CMS_c , kg MS/cordero/día). En el caso del complemento, diariamente se pesaba la cantidad ofrecida por grupo, siendo consumida en su totalidad la cantidad ofrecida.

Las variables de respuesta estudiadas mediante análisis de varianza para un diseño completamente al azar fueron: peso inicial (PI, kg/cordero), peso final (PF, kg/cordero) y ganancia diaria de peso (GDP, kg/cordero/día). En los tres casos el modelo fue lineal e incluyó el efecto del nivel de complemento dado (tratamiento). El PI del animal fue usado como covariable en el caso de PF y GDP. El cordero fue la unidad experimental.

Con los CMS_f , CMS_c , CMS_t y la GDP, se calculó la conversión total, con la fórmula CMS_t/GDP y la conversión marginal del concentrado, con la relación: kg de complemento de un nivel dado de complemento, dividido entre la diferencia entre la GDP del mismo nivel dado de complemento menos la GDP del tratamiento sin complemento.

Los requerimientos de energía metabolizable (EM, MJ/cordero/día) y de proteína cruda (PC, g/animal/día) se estimaron con las ecuaciones dadas por el NRC²⁶ para el primer caso y con la ecuación factorial presentada también por el NRC.²⁷ El consumo de EM y de PC se calculó multiplicando los consumos de materia seca del forraje y del complemento por las concentraciones respectivas de cada nutrimento. El valor de EM del complemento se derivó de los valores señalados por el NRC²⁷ para los ingredientes y la proporción de éstos en la formulación. La concentración de EM para el Taiwán se obtuvo a partir de un valor de digestibilidad de 55% (típico para el rebrote de 90 días). Los requerimientos se refieren a razas de lana, empero, éstos se compararon con el consumo para relacionar la GDP del cordero con la calidad estimada de la dieta.

El análisis de beneficio-costó sólo incluyó el costo de alimentación, así como el beneficio proveniente de las ganancias de peso de los animales. El costo de un kg de forraje Taiwán fresco picado se calculó de acuerdo a lo propuesto por Aguilar *et al.*¹ El costo del complemento incluía el de los ingredientes, su proporción en la formulación y mano de obra para mezclado, envasado y suministro en comedero. Se usaron los precios corrientes en septiembre de 1994.

Se calcularon tasas de retorno en las siguientes modalidades:

1. La tasa de retorno directa, $TRD = (BB - CV)/CV$, donde: BB es el beneficio bruto (precio de un kg de cordero gordo por costo en pie por kg), CV es el costo variable (kg de Taiwán consumidos por su costo por kg, más kg de complemento consumidos por su costo por kg) y BB-CV es beneficio neto (BN). La TRD representa la eficiencia de utilización de todos los recursos alimenticios dentro de cada tratamiento.

2. La tasa de retorno marginal "a", $TRMa = (BN_{i+1} - BN_i)/(CV_{i+1} - CV_i)$, donde los subíndices i e i + 1 representan a un tratamiento con un nivel de complemento dado y al tratamiento con el nivel inmediato superior de complemento, respectivamente. La TRMa representa la eficiencia económica en el uso del complemento al incrementarse un nivel dado del mismo.

3. La tasa de retorno marginal "b", $TRMb = (BN_1 - BN_{1+i})/(CV_1 - CV_{1+i})$, donde los subíndices 1 y 1 + i representan respectivamente al tratamiento sin complemento y a alguno de los tratamientos de complementación. La TRMb es la eficiencia en el uso de cada nivel de complemento en comparación con el tratamiento que sólo recibió forraje.

Resultados

El nivel de complemento no afectó ($P > 0.05$) al PI, en tanto que sí mostró un efecto altamente significativo ($P < 0.01$) sobre el PF y la GDP. El PF fue afectado a nivel altamente significativo ($P < 0.01$) por el PI (covariable), mas no sucedió lo mismo con la GDP (Cuadro 1). El PF y la GDP se incrementaron al aumentar el nivel de comple-

Cuadro 1
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PESO INICIAL (PI, kg/CORDERO), PESO FINAL (PF, kg/CORDERO) Y GANANCIA DIARIA DE PESO (GDP, kg/CORDERO/DÍA) DE CORDEROS PELIBUEY FINALIZADOS EN ESTABULACIÓN EN EL TROPICO HUMEDO DE MEXICO*

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios tipo III**					
		PI	Pr > F	PF	Pr > F	GDP	Pr > F
Complementación (COM)	3	2.9692	0.8222	453.3649	0.0001	0.0658	0.0001
Tipo de nacimiento (TIN)	1	—	—	20.8253	0.0863	0.0030	0.0863
COM x TIN	3	—	—	3.0288	0.7252	0.0004	0.7252
PI (covariable)	1	—	—	636.3615	0.0001	0.0013	0.2666
Error	73 (83)***	9.7579	—	6.8865	—	0.0010	—

* La alimentación consistió en pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) *ad libitum* y la cantidad de complemento según el nivel asignado (0%, 1%, 2% y 3% del peso vivo del cordero).

** Los coeficientes de determinación (R^2) fueron 0.01, 0.81 y 0.74 para PI, PF y GDP, respectivamente. En ese mismo orden las medias generales $\pm$ desviación estándar fueron 12.5 ± 3.1 , 18.7 ± 2.6 y 0.074 ± 0.032 .

*** Entre paréntesis, los grados de libertad para peso inicial.

mento consumido por los corderos. Por el contrario, el peso de comercialización se alcanzó en menos tiempo conforme aumentó el complemento ingerido. El consumo total de materia seca se incrementó al aumentar el del complemento, en tanto que el consumo de Taiwán dismi-

nuyó. A medida que se incrementó el suministro de complemento, la conversión de materia seca total a carne se volvió más eficiente. Sin embargo, la conversión de complemento a carne fue menos eficiente al aumentar la ingestión de complemento (Cuadro 2).

Cuadro 2
DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE CORDEROS PELIBUEY FINALIZADOS EN ESTABULACIÓN, EN UN SITIO CON CLIMA CALIDO-HUMEDO DE LA REGION CENTRO-NORTE DEL ESTADO DE VERACRUZ*

Variable de respuesta	Complementación (% del peso vivo)			
	0	1	2	3
PESO, kg/cordero				
Inicial	12.2 $\pm$ 3.5 (21)**	12.5 $\pm$ 3.6 (21)	13.1 $\pm$ 2.8 (21)	12.5 $\pm$ 2.5 (21)
Final	13.2 $\pm$ 2.5 (21)	17.3 $\pm$ 5.2 (21)	20.9 $\pm$ 4.3 (21)	24.4 $\pm$ 4.5 (21)
GANANCIA DE PESO, kg/cordero/día				
Total	0.006 $\pm$ 0.013	0.058 $\pm$ 0.032	0.094 $\pm$ 0.041	0.144 $\pm$ 0.034
Marginal	—	0.052 $\pm$ 0.045	0.088 $\pm$ 0.073	0.138 $\pm$ 0.075
MESES PARA ALCANZAR 30 kg	97.5 $\pm$ 211.3	9.9 $\pm$ 5.5	5.9 $\pm$ 2.6	4.0 $\pm$ 0.9
CONSUMO, kg MS/cordero/día				
Pasto Taiwán	0.412	0.376	0.334	0.321
Complemento	—	0.143	0.324	0.526
Total	0.412	0.519	0.658	0.847
CONVERSIÓN, kg MS/kg GP				
Total	68.7	8.9	7.0	5.9
Marginal	—	2.8	3.7	3.8

* La alimentación consistió en pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) fresco y picado, ofrecido *ad libitum* y el nivel correspondiente de complemento (0%, 1%, 2% y 3% del peso vivo del cordero).

** Entre paréntesis, el número de observaciones por nivel de complementación.

Cuadro 3
RELACIONES FUNCIONALES ENTRE CONSUMO DE MATERIA SECA (kg MS/cordero/d) DEL FORRAJE (CMS_f), COMPLEMENTO (CMS_c), TOTAL (CMS_t) Y DE PROTEÍNA CRUDA (CPC, kg PC/cordero/d) CON GANANCIA DIARIA DE PESO (GDP, kg/cordero/d)

Modelo	Variable		Parámetros*		
	Dependiente (Y)	Independiente (X)	a	b	R ²
1	CMS _f	CMS _c	0.404	-0.176	0.94
2	CMS _t	CMS _c	0.404	0.824	0.99
3	CMS _f	GDP	0.413	-0.693	0.95
4	CMS _c	GDP	-0.045	3.885	0.99
5	CMS _t	GDP	0.368	3.186	0.98
6	CPC	GDP	0.024	0.530	0.99

* La ecuación es $Y = a + b(X)$, donde Y es la variable dependiente, X es la independiente y los parámetros son: a, ordenada al origen; b, pendiente; y R², coeficiente de determinación. Se contó con un par de observaciones por nivel de complementación (n = 4) para desarrollar cada regresión.

Aun cuando no se ajustaron las proporciones de los ingredientes del complemento, las distintas calidades provocaron que los contenidos de proteína cruda difirieran en cinco unidades porcentuales entre la segunda (15.26%) y onceava (20.38%) semanas. Asimismo, el Taiwán presentó un aumento de 2.5 unidades porcentuales (4 versus 6.5%) en las mismas semanas de muestreo (datos no presentados).

Por cada 0.100 kg de aumento en el CMS_c, el CMS_f se deprimió en 0.0176 kg/cordero/día (Cuadro 3; modelo

CONSUMO (kg MS/cordero/d)

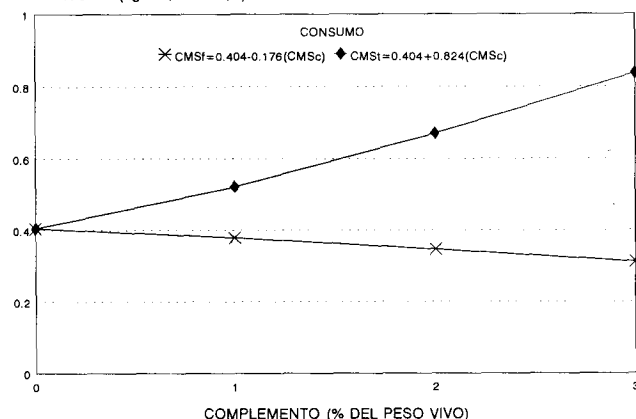


Figura 1. Consumos de materia seca total (CMS_t) y de Taiwán (CMS_f) según el consumo de complemento (CMS_c).

1), lo cual representó un efecto sustitutivo del complemento por el Taiwán (Figura 1). Al mismo tiempo, el CMS_t se incrementó en 0.0824 kg/cordero/día (modelo 2). El CMS_f cuando la GDP fue cero, resultó ser 0.413 kg/cordero/día (modelo 3). El CMS_c cuando la ganancia de peso fue cero, fue de 368.2 g/cordero/día (modelo 5). Los modelos 5 y 6 indicaron que a cero ganancia diaria de peso, el CMS_t y el CPC fueron de 0.368 y 0.024 kg/cordero/día, respectivamente. Esto representó un contenido promedio de PC de la ración de mantenimiento de 6.4% (Cuadro 3).

El BB, el CV, por concepto de complementación, y el BN se incrementaron al aumentar el nivel de complemento. El BN para el 0% de complemento fue negativo, lo cual provocó que la TRD fuese también negativa. Los niveles de complemento restantes resultaron positivos (Cuadro 4).

Cuadro 4
ANÁLISIS DE BENEFICIO-COSTO

Concepto	Complementación (% del peso vivo)			
	0	1	2	3
Beneficio bruto	0.033	0.319	0.517	0.792
Costo de alimentación				
Taiwán	0.144	0.132	0.117	0.112
Complemento	0.000	0.060	0.136	0.221
Total	0.144	0.192	0.253	0.333
Beneficio neto	-0.111	0.127	0.264	0.459
Tasa de retorno directa	-0.77	0.66	1.04	1.39
Δ Beneficio neto "A"	—	0.238	0.137	0.195
Δ Costo de alimentación "A"	—	0.048	0.061	0.080
Tasa de retorno marginal "A"	—	4.96	2.24	2.43
Δ Beneficio neto "B"	—	0.238	0.375	0.570
Δ Costo total "B"	—	0.048	0.109	0.189
Tasa de retorno marginal "B"	—	4.96	3.44	3.02

Discusión

Las GDP del presente experimento fluctuaron entre 0.006 y 0.144 kg/cordero/día con una media general de 0.074 ± 0.032 kg/cordero/día. Dichas GDP pueden considerarse altas en comparación con las de experimentos de pastoreo realizados previamente en el mismo sitio. Los corderos Pelibuey recién destetados (cuatro meses de edad) que no recibieron complemento y pastorearon zacate estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*) a una carga de 10 cabezas/ha dieron GDP de 0.047 kg/cordero/día, de abril de 1983 a mayo de 1984.¹⁰ Un año después, pero con una carga de 36 cabezas/ha la GDP fue de 0.056 kg/cordero/día.¹¹ Ambos valores son similares a los obtenidos con el nivel de complementación del 1% utilizado en el presente experimento, pero inferiores a los de los niveles de 2% y 3%.

Las ganancias de peso se incrementaron significativamente a medida que se incrementó el nivel de complementación, situación que permitió reducir de 98 a 4 meses el tiempo para que los animales alcanzaran el peso comercial (Cuadro 2). Los presentes resultados ratifican los de ensayos realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en Yucatán,²² que son atribuibles al incremento en los consumos de energía y proteína, producto de la complementación.

Las ganancias de peso obtenidas con el 3% de concentrado fueron de 0.144 kg/animal/día. En otros estudios se obtuvieron ganancias de 0.196 ± 0.017 kg/día cuando los animales se alimentaron con una ración que contenía 10.5 MJ/kg MS de EM, con una conversión alimenticia de 7.5 kg de alimento/kg de GDP.²³ Sin embargo, la edad de los animales al inicio de ese ensayo fue de 392 ± 77 días y el peso inicial 20.9 ± 1.3 kg. Es posible que los factores que impidieron que en el presente experimento se obtuvieran ganancias de peso mayores fueron la baja edad inicial y el peso de los corderos. Romano *et al.*³¹ encontraron que los corderos Pelibuey utilizaron las raciones bajas en energía con mayor eficiencia hasta que alcanzaron los 24 kg de peso. La mayoría de los experimentos conducidos en la península de Yucatán confirman que las GDP superiores a 0.1 kg/cordero/día sólo se logran cuando los corderos pesan al menos 20 kg.^{3,20,22,23} Los corderos Pelibuey tienen un crecimiento muy lento después del destete, el cual empieza a mejorar a partir de los 180 días de edad.⁵ En un estudio realizado en el CEIEGT con ovinos de esta edad, alimentados con un complemento de 15% de PC a razón de 4.8% de su peso, se obtuvieron GDP de 0.240 kg/cordero/día, lo que permitió que los ovinos estuvieran listos para su comercialización 40 días después de iniciada la alimentación con complemento.¹¹ Esto indicaría que los animales a esta edad tienen mayor eficiencia en la utilización de los alimentos debido a que su funcionamiento ruminal es mejor que el del animal recién destetado.²¹

La respuesta positiva a la complementación se debió a la baja calidad nutricia del Taiwán. Hammond y Wildeus,¹⁶ quienes dieron zacate Guinea (*Panicum maximum*) picado

con 6.3% de PC y 36% de digestibilidad de la materia seca *in vitro* encontraron que los corderos perdieron peso a razón de 0.056 kg/cordero/día (experimento de 60 días). Robleto *et al.*³⁰ también alimentaron ovejas Pelibuey con zacate Guinea de muy baja calidad (4.7% PC) y encontraron que las pérdidas de peso fueron de 0.030 kg/cordero/día. Borregos criollos alimentados con una ración de 15.2% de proteína cruda, elaborada con 65% de grano de sorgo, 20% de heno de jaragua (*Hypparrhenia rufa*), 10% de pasta de soya, 0.65% de urea y 4.35% de melaza, tuvieron ganancias diarias de 0.152 kg/animal. Al aumentar el forraje en la dieta integral a 65% de jaragua, los borregos ganaron menos: 0.081 kg/animal/día.¹² Es indudable que resulta necesario incrementar la calidad nutricia del forraje con el fin de satisfacer las demandas de mantenimiento y creci-

Cuadro 5
ENERGIA METABOLIZABLE (EM, MJ/CORDERO/DÍA)
Y PROTEÍNA CRUDA (PC, G/CORDERO/DÍA)
REQUERIDAS POR LOS ANIMALES Y APORTADAS
POR LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Complemento (% del PV)	EM		PC	
	Requerida*	Aportada**	Requerida***	Aportada+
	MJ/cordero/día		g/cordero/día	
0	6.03	3.02	37.4	21.6
1	7.79	4.40	62.9	45.2
2	9.39	6.20	83.2	75.3
3	11.15	8.46	110.5	110.6

* La EM se obtuvo sumando los resultados de las ecuaciones del NRC: (26) $EM_m = (98(PV)^{0.75}) 4.19$ y $EM_g = [(112(PV)^{0.75}) (1 + 5.5(GDP)) 4.19]$, donde los subíndices 'm' y 'g' se refieren a mantenimiento y ganancia, respectivamente; PV es el peso promedio durante el ensayo, GDP es la ganancia diaria de peso, ambos en kg y 4.19 es el factor para convertir calorías a joules.

** La EM aportada por cada tratamiento fue la suma de la del Taiwán más la del complemento. Las concentraciones de EM del primero y el segundo fueron 7.33 y 11.61 MJ de EM/kg de MS, respectivamente. La del Taiwán fue un valor típico para una edad de 90 días, derivado de varios informes de la literatura y la segunda se obtuvo al multiplicar la proporción de cada ingrediente del complemento por su concentración respectiva de EM (12.74, 13.03 y 10.01 MJ de EM/kg de MS para pulpa de cítrico, grano de sorgo y pollinaza, respectivamente). (27)

*** La PC requerida se calculó con la fórmula del NRC: (27) $PC_{requerida} = (PD + PMF + PEU + PP)/VPN$, donde $PD = GDP \times (268 - 29.4 \times CEG)$ es proteína depositada, $PMF = 33.44 \times CMS$ es proteína metabólica en heces, $PEU = 0.14675 \times PV + 3.375$ es proteína endógena en orina, $PP = 0.1125 \times PV^{0.75}$ es pérdida dérmica de proteína y $VPN = 0.561$ es el valor de la proteína neta con base en una digestibilidad verdadera de la proteína de 0.85 y un valor biológico de 0.66.

+ La PC aportada por cada tratamiento fue la suma de la del Taiwán más la del complemento. La concentración promedio durante el experimento de PC del primero y el segundo fueron 5.25% y 17.82%, respectivamente. Ambas fueron determinadas como $N \times 6.25$ en muestras obtenidas directamente del comedero.

miento. Por ejemplo, Larbi *et al.*¹⁸ encontraron que el rebrote de seis semanas de zacate elefante (*Pennisetum purpureum*) presentó un contenido de PC del 8.4% y una digestibilidad del 73%. Con forraje de tal calidad, los animales podrían ganar peso y el costo de un kg de PC disminuiría, pues cuesta lo mismo cortar y picar un kg de forraje de mala calidad que de buena calidad.²⁴

La baja productividad en cualquier sistema de engorda en estabulación, con forrajes de baja calidad, tiene su origen en un rumen ineficiente que lleva a una digestibilidad reducida de la fibra, limita el consumo y produce una baja relación proteína/energía absorbidos, que resulta finalmente en una baja eficiencia de conversión.¹⁷ En el presente experimento, se incrementaron las GDP y mejoró la conversión alimenticia al administrar el complemento. Sin embargo, la complementación afectó negativamente el consumo de zacate Taiwán (Cuadro 2). Estos resultados no concuerdan con lo esperado. El zacate Taiwán tenía un estado avanzado de rebrote, y se esperaban incrementos en CMS_i al administrar el complemento, como consecuencia de un incremento en los niveles ruminales de NH₃⁺ producto del aumento en el suministro de N no proteínico al rumen.²⁸ Empero, el zacate mostró un contenido de PC cercano al 6%, que está dentro del límite crítico que permite a los rumiantes un consumo máximo de materia seca del forraje cuando se da a libre acceso.²⁵ Por lo tanto, la deficiencia de N fue marginal y provocó un efecto sustitutivo (Cuadro 3; Figura 1) más que aditivo, que fue el responsable del incremento en el CMS_i. Es posible también que los corderos sustituyeran el zacate por el complemento porque sus nutrientes eran más fáciles de obtener, pues el animal no tenía que escoger y consumir las partes más nutritivas del forraje, principalmente hojas y tallos tiernos.

Como consecuencia del aumento en el CMS_i, se incrementaron los consumos de PC y de energía, lo que condujo a incrementos en la GDP, lo cual concuerda con la literatura.¹⁵ Sin embargo, no se logró alcanzar un consumo máximo de materia seca, tal como lo muestra la respuesta lineal entre CMS_i y el nivel de complemento suministrado (Cuadros 2 y 3 y Figura 1).

La energía metabolizable requerida fue siempre inferior al consumo estimado, volviéndose menor la diferencia relativa a medida que se incrementó el consumo de complemento (Cuadro 5). La causa implícita es que las constantes de las ecuaciones del NRC²⁶ que se generaron con razas de lana más pesadas y de mayor potencial para ganar peso, no son adecuadas para las razas de talla pequeña. El hecho de que la diferencia relativa entre el requerimiento y el consumo se hiciese menor al incrementarse el peso promedio y la GDP al aumentar el nivel de consumo de complemento (Cuadros 2 y 5), apoyan tal suposición. El valor de digestibilidad empleado para derivar la concentración de EM del Taiwán no favoreció la estimación de consumo de EM a partir de la gramínea, por lo que no se consideró factor determinante en la magnitud de tal diferencia. Yousri *et al.*³³ sugirieron que el requerimiento proteínico de borregos en clima cálido es mayor debido a la menor retención

de N. En el presente experimento, los consumos registrados de PC fueron menores que los estimados a partir de las ecuaciones de la NRC. Topps³² sugirió que los bajos requerimientos proteínicos de las ovejas nativas de Rhodesia (Zimbabwe) son una adaptación al bajo contenido de proteína cruda de la vegetación durante los periodos secos del año, lo cual sugiere que la eficiencia de uso de la proteína a niveles bajos de ganancia de peso, podría ser mayor en corderos Pelibuey, en comparación con los de razas de clima templado.

Según la TRD, para el nivel de 3%, por cada peso invertido en alimentación se obtuvieron \$ 1.39 de beneficio neto, lo cual superó en \$ 0.73 y \$ 0.35 a los niveles de 1% y 2% respectivamente. Dar complemento al 1% costó \$ 0.048 más por cordero/día que dar solamente Taiwán, pero representó un incremento en el beneficio neto "a" de \$ 0.238, o bien, por cada peso invertido en complemento en el nivel del 1% se ganaron 4.96 pesos. Por lo tanto, la TRMa mostró que incrementar el nivel de complementación fue económicamente atractivo. La TRMb disminuyó al aumentar el nivel de complemento, aunque no linealmente: la reducción al pasar del 1% al 2% de complemento fue de 1.52 (4.96 vs. 3.44), en tanto que al pasar del 2% al 3% fue cuatro veces menor (3.44-3.02 = 0.42) (Cuadro 4). Tal disminución pudo deberse a que la conversión marginal tampoco aumentó linealmente (Cuadro 2). Esto sugiere que en este tipo de experimentos existe una relación cercana entre las eficiencias biológica y la económica.

Implicaciones

La GDP se incrementó al aumentar el nivel de complemento, pero éste redujo el consumo de forraje y no mejoró su eficiencia de utilización. Por lo tanto, los complementos podrían ser más útiles cuando se usan forrajes de mala calidad (rastrosos o pajas) como alimentos básicos.

Nada sustituye al buen manejo para producir forraje barato de alta calidad. El complemento nunca debe considerarse como sustituto de este último. Tal enfoque ayudaría a reducir económicamente el tiempo necesario para finalizar corderos y así evitar el exceso de carga animal, provocado por mantener en pastoreo por periodos largos, a animales de lento crecimiento.

Existe la noción, particularmente en los países en desarrollo, de que todo complemento debe excluirse de la dieta del rumiante debido a que sus ingredientes (maíz o sorgo, por ejemplo) colocan a los animales en injustificable competencia con la población humana por fuentes básicas de nutrientes. Asimismo, se les adjudica el término de costosos.

En el complemento empleado se sustituyó en gran proporción el maíz o sorgo por una fuente energética parecida, que es la pulpa de cítrico deshidratada. Asimismo, gran parte de la PC suministrada fue nitrógeno no proteínico aportado por la pollinaza. Así, la alternativa más viable para aligerar la competencia por granos básicos entre rumiantes y humanos es el uso de subproductos agroindustriales.

Las tasas de retorno demostraron que la complementación es factible. Sin embargo, como resultado de esta investigación se ha pensado que los complementos son más susceptibles de adopción por ganaderos de gran escala, con capital para construir almacenes o adquirir grandes cantidades de subproductos agroindustriales. Pero, en épocas críticas, los complementos podrían ser cruciales para los ganaderos de pequeña escala. En tales casos, la producción de complementos debe dejarse a empresas privadas o asociaciones de productores que cuenten con capital e infraestructura suficientes que les permitan vender a precios ventajosos para ellos y los productores. La organización de productores que produce alimentos baratos para ganado debe seguir el ejemplo de países templados y tropicales que han tenido éxito en la integración vertical de su industria.^{19,29}

De acuerdo a las respuestas biológicas y económicas encontradas en el presente experimento, se concluyó que:

a) El nivel máximo de complemento utilizado en el presente estudio no fue suficiente para que los ovinos en crecimiento, entre los 3 y 6 meses de edad, expresaran su máximo potencial para GDP.

b) La GDP fue baja, lo cual indicó que la calidad y la cantidad de los alimentos consumidos no fueron las adecuadas para animales jóvenes (< 20 kg de peso vivo al inicio del experimento).

c) Este trabajo demuestra claramente que la alimentación de los ovinos de pelo en los trópicos no puede estar basada en los forrajes de corte que tradicionalmente se dan a los bovinos.

d) Se sugiere probar forrajes más nutritivos (otras especies o Taiwán más tierno), en combinación con fuentes proteínicas y energéticas de mayor concentración, con el fin de determinar la máxima respuesta biológica en la finalización de corderos Pelibuey en estabulación.

e) El análisis de costo-beneficio demostró que la finalización de corderos Pelibuey en estabulación, con recursos alimenticios regionales, es económicamente factible.

Agradecimientos

Al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua de la Comisión Nacional del Agua por financiar el complemento usado en este experimento. A los Dres. Yacob Bar Am, de la Federación de Agricultores Israelitas y José Luis Dávalos Flores, de la Secretaría de Producción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional Autónoma de México, por sus sugerencias para el análisis económico, y al Dr. Andrés Aluja Schunemann del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, por las ideas para mejorar el manuscrito.

Literatura citada

1. Aguilar, A., Alonso, F., Baños, A., Espinosa, A., Juárez, J., Tort, A. y Coletti, L.: Aspectos Económicos y Administrativos en la Empresa Agropecuaria. LIMUSA, México, D.F., 1983.
2. Alvarez, L.J.A.: Sistemas de producción ovina en el área de influencia del CIEEGT. Memorias del Curso de Actualización "Producción de Ovinos en Zonas Tropicales". Tlapacoyan, Veracruz. 1985. 2-21. Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. (1985).
3. Bores, R., Martínez, A. y Castellanos, A.: Crecimiento compensatorio en el borrego Pelibuey. *Téc. Pec. Méx.*, 26: 8-15 (1988).
4. Bores, Q.R., Rivas, P.F. y Ortega, R.L.: Estimación del consumo de forraje por ovinos Pelibuey pastoreando en praderas Buffel en Yucatán. *Téc. Pec. Méx.*, 29: 95-99 (1991).
5. Castellanos, R.A.F.: Algunas características sobre la nutrición y la alimentación del borrego Pelibuey. Memorias del Seminario "Utilización de Subproductos Agroindustriales en la Alimentación de Rumiantes". Montecillo, Edo. de México. 1994. 61-68. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México (1994).
6. Cervantes, N.A., Arroyo, R.D. y Shimada, S.A.: Valor nutritivo de un ensilaje de bagazo de piña y bagacillo de caña como fuente de forraje suplementario para ganado durante épocas de secas. *Téc. Pec. Méx.*, 34: 86-89 (1978).
7. Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical: Boletín Informativo CIEEGT 1982. *Fac. de Med. Vet. y Zoot.*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1984.
8. Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical: Boletín Informativo CIEEGT 1983. *Fac. de Med. Vet. y Zoot.*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1985.
9. Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical: Boletín Informativo CIEEGT 1984. *Fac. de Med. Vet. y Zoot.*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1987.
10. Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical: Boletín Informativo CIEEGT 1985/1986. *Fac. de Med. Vet. y Zoot.*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1988.
11. Cruz, L. C.: Engorda de borregos Pelibuey en condiciones tropicales. Memorias de la III Reunión de Producción Animal Tropical. Martínez de la Torre, Veracruz. México. 1991. 29-37. Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México/Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán/Centro de Enseñanza, Investigación, Capacitación y Adiestramiento del Sureste, Colegio de Postgraduados. Martínez de la Torre, Veracruz (1991).
12. Escobedo, G.M.: La producción ovina en México y el potencial de borrego Tabasco para su explotación en el municipio de Yecapixtla, Edo. de Morelos. Tesis de licenciatura. *Fac. de Med. Vet. y Zoot.*, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1984.
13. FAO: Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas: Boletín Trimestral FAO de Estadística. Vol. 4 N° 3. FAO, Roma, Italia, 1990.
14. García, E.: Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. *Instituto de Geografía*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1981.
15. Gómez, R., Hernández, J. y Castellanos, A.: Evaluación del crecimiento del borrego Pelibuey alimentado con niveles crecientes de energía en la dieta. *Téc. Pec. Méx.*, 42: 65-69 (1981).
16. Hammond, A.C. and Wildeus, S.: Effects of coconut meal or fish meal supplementation on performance, carcass characteristics and diet digestibility in growing St. Croix lambs fed a tropical grass-based diet. *Small Rumin. Res.*, 12: 13-25 (1993).
17. Hendratno, C., Nolan, J.V. and Leng, R.A.: The importance of urea-molasses multivitamin blocks for ruminant production in

- Indonesia. Proceedings of a Symposium on Isotope and Related Techniques in Animal Production and Health. Bangor, Indonesia. 1990. 157-169. *International Atomic Energy Agency*, Vienna, Austria, 1991.
18. Larbi, A., Fianu, F.K. and Akude, F.K.: Voluntary intake and digestibility by sheep and goats of whole-plant, leaf and stem fractions of *Pennisetum purpureum* Schum. *Small Rumin. Res.*, 10: 217-221 (1991).
 19. Leng, R.A.: Factors affecting the utilization of "poor quality" forages by ruminants, particularly under tropical conditions. *Nutr. Res. Rev.*, 3: 277-303 (1990).
 20. Liceaga, D., Rodríguez, F. y Ramírez, F.A.: Respuesta de borregos Pelibuey a distintas combinaciones de melaza y gallinaza en dietas integrales. *Téc. Pecu. Méx.*, 29: 105-110 (1991).
 21. Martínez, R.L.: Hacia la integración de la ovinocultura tropical con la del altiplano mexicano. Memorias de la IV Reunión Anual del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias en el Estado de Veracruz. Veracruz, Ver. 1991. 221-230. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Golfo Centro*. Veracruz, Veracruz, México (1991).
 22. Martínez, A., Soriano, H. y Shimada, A.S.: Crecimiento de borregos Pelibuey alimentados con rastrojo de maíz tratado con amoníaco anhidro. *Téc. Pecu. Méx.*, 48: 54-61 (1985).
 23. Martínez, A., Bores, R., Velázquez, P. y Castellanos, A.: Influencia de la castración y del nivel energético de la dieta sobre el crecimiento y composición corporal del borrego Pelibuey. *Téc. Pecu. Méx.*, 28: 125-132 (1990).
 24. McDowell, R.E.: Dairying with Improved Breeds in Warm Climates. *Kinnic*, Raleigh, North Carolina, 1994.
 25. Minson, D.J.: Forage in Ruminant Nutrition. *Academic Press*, New York, 1990.
 26. National Research Council: Nutrient Requirements of Sheep. 5th ed. *National Academy Press*, Washington, D.C., 1975.
 27. National Research Council: Nutrient Requirements of Sheep. 6th ed. *National Academy Press*, Washington, D.C., 1985.
 28. Preston, T.R. and Leng, R.A.: Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Subtropics. *Penambul Books*, Armidale, Australia, 1987.
 29. Rajkumar, B.: The molasses block technology in Mauritius and the African perspective. *Livestock Res. Rur. Dev.*, 3: 52-62 (1991).
 30. Robleto, L., Guerrero, A. y Fariñas, T.: Comparación de dos niveles de urea en bloque de melaza sobre la ganancia de peso en borregos criollos. *Livestock Res. Rur. Dev.*, 4: 74-79 (1992).
 31. Romano, J.L., Hernández, J.F. y Castellanos, A.: Repercusión del valor nutritivo de la dieta sobre el crecimiento del borrego Pelibuey. *Téc. Pecu. Méx.*, 43: 67-79 (1983).
 32. Topps, J.H.: Some observations on the protein requirements of African 'native' sheep. *Trop. Agric. (Trin.)*, 40: 49-54 (1963).
 33. Yousri, R.M., Abou-Akkada, A.R. and Abou-Raya, A.K.: Requirements of sheep in hot climates. *Wld. Rev. Anim. Prod.*, 13: 23-28 (1977).