

PRODUCCION DE CARNE DURANTE LA EPOCA SECA A BASE DE SUBPRODUCTOS I. NIVELES DE PROTEINA SUPLEMENTARIA Y MELAZA*

M. H. Ruiloba** y M. E. Ruiz***

Como primera fase de desarrollo de subsistemas de alimentación de bovinos a base de paja de arroz y otros subproductos disponibles en Panamá, se estudió el efecto del nivel de proteína cruda y energía suplementaria sobre la respuesta de 65 novillos de engorde en condiciones de confinamiento. Se administró la paja de arroz a libre consumo y cantidades variables de melaza, harina de pescado y urea. Con un arreglo factorial incompleto 5 x 5 (13 tratamientos) se estudiaron las variables proteína cruda suplementaria ($X_1=0.0, 0.075, 0.150, 0.225$ y 0.300 Kg/100 Kg de P.V./día) y melaza ($X_2=0.0, 0.630, 1.250, 1.880$ y 2.500 Kg al natural/100 Kg de P.V./día); el 70% de la proteína cruda suplementaria fue aportada por la harina de pescado y el resto por la urea. Sólo los tratamientos sin suplementación proteica causaron pérdidas de peso, observándose que ambas variables afectaron este parámetro en forma exponencial, con ganancias superiores a 1.00 Kg/animal/día. La función $Y_3 = 0.394 + 8.406X_1 + 0.412X_2 - 17.417X_1^2 + 0.187X_1X_2$, ($R^2 = 0.97, P < .01$), describe los efectos de la proteína cruda suplementaria (X_1) y la melaza al natural (X_2) sobre la ganancia de peso (Y_3), ésta última en Kg/animal/día. La melaza afectó negativamente el consumo de paja de arroz; en cambio, la proteína lo hizo en forma positiva, según se aprecia en la función $Y_5 = 4.78 + 6.72X_1 - 1.65X_2 - 10.71X_1^2 + 0.23X_2^2 + 1.04X_1X_2$, ($R^2 = 0.80, P < .05$), donde Y_5 es el consumo de paja de arroz en Kg al natural/animal/día. Ambas variables produjeron efectos curvilíneos sobre la eficiencia de conversión del alimento. El establecimiento matemático de las relaciones insumo-producto permite conocer los niveles económicamente óptimos de las variables estudiadas según los precios de los principales insumos.

En Panamá, las pérdidas que sufre la ganadería por la falta de alimentos durante la época seca, son del orden de 0.225 Kg diarios por animal (Roux, 1966). Esta puede ser mayor si a la baja disponibilidad de alimento se le adiciona la escasez de agua para consumo. Durante esta época se cuenta con productos y subproductos agroindustriales que pueden ser utilizados para aliviar la situación alimenticia del ganado al punto de cubrir los requerimientos nutritivos para mantenimiento y hasta para producción.

* Trabajo presentado en la 6a. Reunión Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), La Habana, Cuba, 4-10 diciembre, 1977.

** M. Sc., Nutricionista, del Centro Experimental de Gualaca, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

*** Ph. D., Nutricionista, Programa de Bovinos y Especies Menores, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

En 1976 existía una disponibilidad de 133,459 Tm de paja de arroz, 423,154 Tm de desecho de banano, 568,599 Tm de bagazo de caña, 64,946 Tm de melaza de caña y muchos otros subproductos en menor cantidad, los cuales podrían utilizarse en la alimentación del ganado (Ruiloba, E. de, 1977).

La paja de arroz es un forraje con un contenido bajo de proteína y nutrientes digeribles, condiciones que la hacen muy similar a los henos de baja calidad. Existen evidencias que indican que estos forrajes no son capaces de cubrir los requerimientos de mantenimiento del animal por lo que es necesario suplementarla con fuentes de energía y proteína para poder satisfacer los requerimientos de mantenimiento o producción (Carnevali y col., 1971).

La melaza es un alimento con un alto contenido de energía de fácil utilización, pero presenta un contenido bajo de proteína. Actualmente, en la literatura se encuentran trabajos en donde la melaza constituye entre el 70 al 80% de la materia seca de raciones para vacunos, los que pueden obtener ganancias de peso del orden de 0.800 Kg/animal/día (Clavo, 1974; Elías, 1974).

La alimentación para producción a base de paja de arroz y melaza, requiere la adición de una fuente de proteína, de lo contrario la respuesta animal no alcanzaría niveles superiores a los de mantenimiento. En Panamá, se cuenta con fuentes proteicas producidas en el país como la harina de pescado y la harina de carne y hueso, y fuentes importadas como la urea. La harina de pescado supera a la harina de carne y hueso en cuanto al contenido de proteína y presenta un mayor valor biológico ya que es poco susceptible al ataque de los microorganismos del rumen (Orskov y col., 1974); además, tiene una composición de aminoácidos compatibles con las necesidades del rumiante. Esto es de importancia, ya que se ha determinado que la respuesta animal depende de la calidad y cantidad de proteína presente en la ración (Flores, 1973; Isidor, 1973; Little, 1968).

La urea es otro recurso nitrogenado con que cuenta la ganadería, ya que los rumiantes tienen la capacidad de utilizar el nitrógeno no proteico para la síntesis de proteína unicelular, por medio de la acción microbiana ruminal (Helmer y Bartley, 1971). Se ha encontrado que la respuesta animal no se altera al sustituir hasta el 30% del nitrógeno de la ración por nitrógeno de urea (Elías, 1974). A niveles más altos de sustitución la respuesta disminuye, pero ésta depende de la disponibilidad de energía con que cuentan los microorganismos del rumen y del nivel y calidad de proteína verdadera en la ración (Clavo, 1974; Schultz y col., 1970; Ruíz Vohnout, 1974; Loosli y McDonald, 1968).

Como la disponibilidad del pasto durante la estación seca no es adecuada en calidad y cantidad para mantener los animales en producción, se hace necesario incrementar el uso de las ayudas suplementarias, mediante formas racionales de utilización. Con este propósito, se desarrolló un trabajo experimental con novillos de engorde para estudiar la utilización de la paja de arroz, bajo diferentes niveles de consumo de proteína y energía.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en el Centro Experimental de Gualaca, durante la estación seca y se utilizaron 65 animales Cebú comercial bajo confinamiento, con un peso promedio inicial de 300 Kg y una edad promedio de 24 meses. Inicialmente, todos los animales recibieron tratamientos contra endo y ectoparásitos, y en forma inyectable 2,500,000 UI de vitamina A; 3,750,000 UI de vitamina D y 250 UI de vitamina E.

La alimentación consistió en el uso de melaza y proteína cruda suplementaria (70 y 30 por ciento de proteína cruda provenientes de harina de pescado y urea, respectivamente) en forma restringida, y consumo *ad libitum* de paja de arroz y sal mineralizada*. Se impusieron cinco niveles de proteína cruda suplementaria (0.0, 0.075, 0.150, 0.225 y 0.300 Kg/100 Kg de P.V./día) y cinco niveles de melaza (0.0, 0.63, 1.25, 1.88 y 2.50 Kg al natural/100 Kg de P.V./día).* Se utilizó un diseño aleatorizado con un arreglo factorial incompleto con 13 tratamientos. El período experimental tuvo una duración de 100 días, precedido por una adaptación de 15 días. Cada ocho días se midió el consumo de paja de arroz y cada 15 días se pesaron los animales en ayunas de 16 horas.

Durante el desarrollo del experimento se tomaron muestras de cada ingrediente de la ración. La determinación de materia seca se hizo al vacío y la de proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC, 1970). Para el análisis estadístico se utilizaron funciones exponenciales y cuadráticas (Snedecor y Cochran, 1972) y para el análisis económico relaciones de insumo-producto (Dillon, 1971).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los contenidos promedios de materia seca y proteína cruda de la melaza, harina de pescado y paja de arroz fueron de 78.60 y 6.76; 87.50 y 67.66; 85.80 y 6.99%, respectivamente. La urea contenía 43.2% de nitrógeno. El nivel de proteína de la melaza es superior al promedio que aparece en la literatura (Latin American Tables Feed Composition, 1974); sin embargo, estos valores han sido obtenidos en forma consistente en muestras provenientes del mismo Ingenio, las cuales difieren de las obtenidas en otros centros de producción de Panamá (Ruiloba, E. de, 1977). Con respecto a la literatura, los niveles de proteína de la paja de arroz son altos pero esto puede deberse a que este forraje fue colectado casi inmediatamente después de realizada la cosecha del arroz.

* Composición porcentual de la sal mineralizada, Ca: 12.0, P: 8.37, Mg: 0.05, Fe: 0.25, Cu: 0.05, Zn: 0.05; Co: 75 ppm, I: 25 ppm

Los incrementos de peso se indican en el Cuadro 1, en donde se aprecia que los tratamientos sólo a base de paja de arroz y melaza causaron pérdidas de peso.

Cuadro 1. Incremento de peso a diferentes niveles de proteína suplementaria y melaza , Kg/animal/día.

Melaza ^[a]	PROTEINA SUPLEMENTARIA ^[b]					\bar{Y}
	0.000	0.075	0.150	0.225	0.300	
0.00	- 0.396		0.403		0.609	0.205
0.63		0.466		0.824		0.645
1.25	- 0.083		0.813		1.017	0.582
1.88		0.710		0.943		0.826
2.50	- 0.104		0.982		1.081	0.653
\bar{Y}	- 0.194	0.588	0.733	0.884	0.902	0.582

[a] Al natural, Kg/100 Kg de P. V./día.

[b] Proteína cruda, Kg/100 Kg de P. V./día.

Al suplementar con cualquier nivel de proteína se obtuvieron ganancias de peso, en un grado que dependió del nivel de proteína cruda suplementaria y de melaza. Es de notar que al suplementar con proteína y en ausencia de melaza, se obtuvieron ganancias de peso de 0.403 y 0.609 Kg/animal/día, con consumos de energía metabolizable de 9.2 y 9.8 Mcal/ animal/día, respectivamente. Este consumo es aproximadamente 50% inferior a los requerimientos energéticos establecidos por la NRC (1970) para obtener iguales ganancias de peso.

Otros autores (Carnevali y col., 1971; Isidor, 1973; Ochoa, 1973) también han informado de pérdidas de peso en novillos alimentados con forrajes de baja calidad como única fuente alimenticia e igualmente han obtenido respuestas de 1.0 Kg/animal/día, al utilizar subproductos tropicales en raciones balanceadas.

Al aumentar el nivel de consumo de proteína cruda suplementaria se incrementó la ganancia de peso (Fig. 1), pero a partir de alrededor de 0.225 Kg/animal/día (0.380 Kg de proteína cruda total/100 Kg de P.V./día), prácticamente la respuesta permaneció constante. Cualitativamente, esta respuesta a la proteína coincide con lo informado por Flores (1973) e Isidor (1973), utilizando otras fuentes de proteína, harina de algodón y harina de carne y hueso, respectivamente.

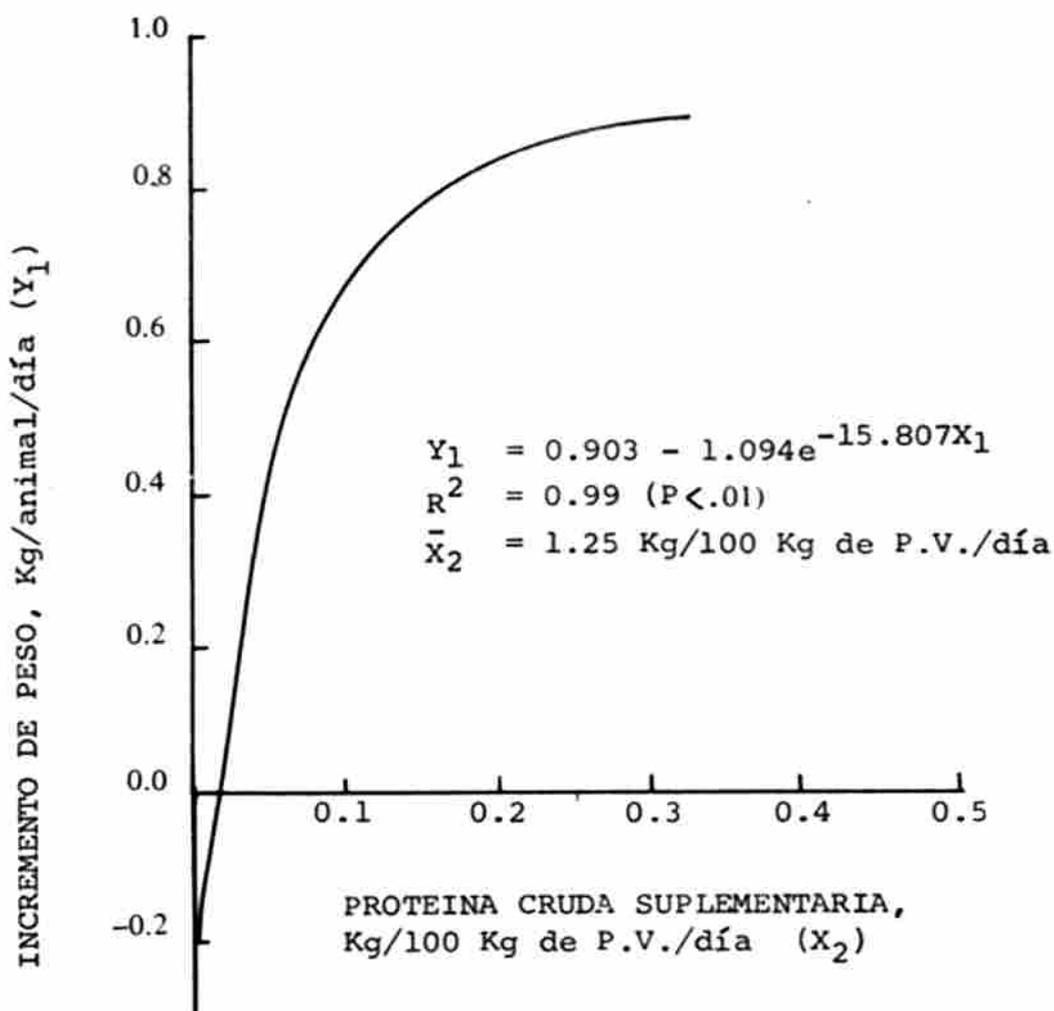


Figura 1. Efecto individual de la proteína cruda suplementaria sobre el incremento de peso

El efecto individual de la melaza sobre el incremento de peso se indica en la Fig. 2, donde se observa un efecto exponencial, siendo casi constante a partir de 1.50 Kg/100 Kg de P.V./día. Armendáriz (1973), en novillos alimentados con punta de caña y un nivel fijo de proteína, también obtuvo una respuesta exponencial para la energía suplida por cantidades variables de melaza.

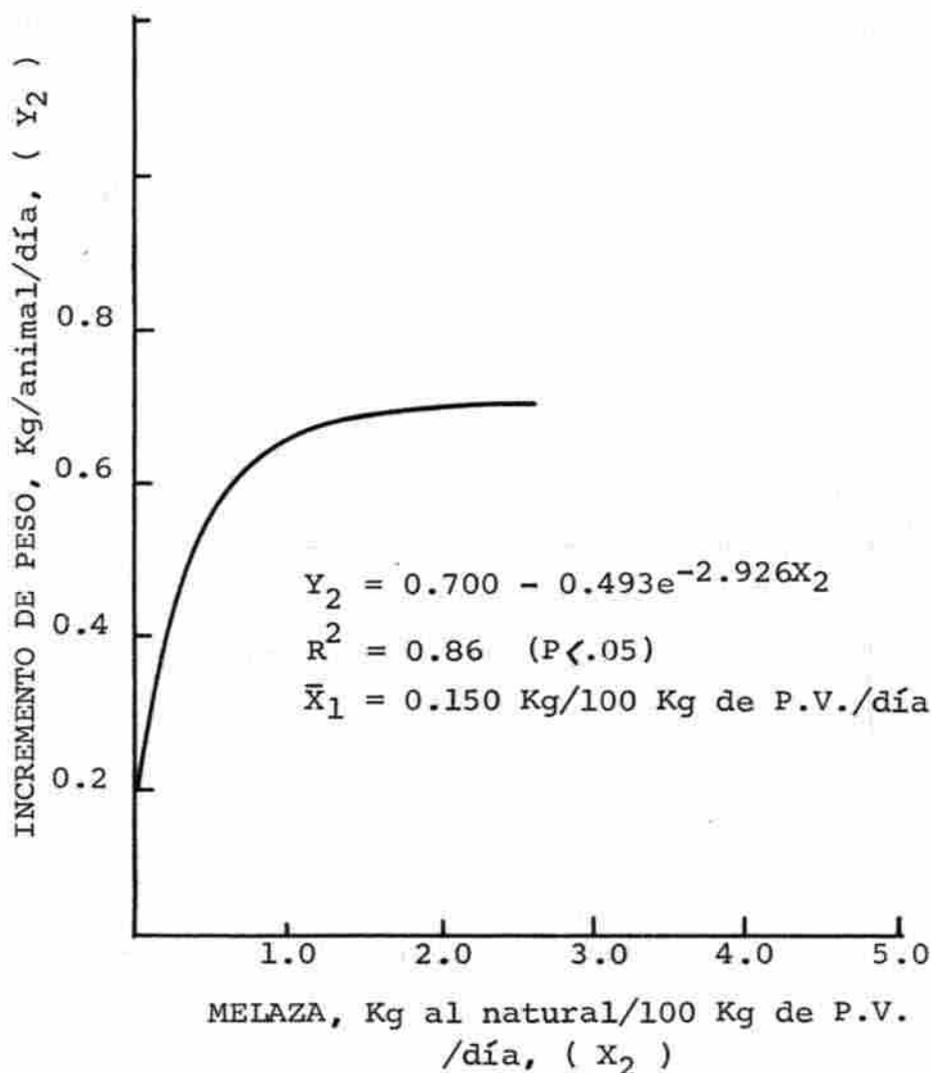


Figura 2. Efecto de la melaza sobre el incremento de peso

El efecto combinado de la proteína cruda suplementaria (X_1) y melaza (X_2) sobre el incremento de peso, Y_1 (Kg/animal/día) está determinado por la ecuación [1], cuyo coeficiente de determinación ($R^2=0.97$) es significativo ($P < .01$),

$$Y_3 = -0.394 + 8.406X_1 + 0.412X_2 - 17.417X_1^2 - 0.106X_2^2 + 0.187X_1X_2 \quad [1]$$

El efecto del nivel de consumo de la proteína cruda total y energía metabolizable sobre la ganancia de peso, se indica en la Figura 3. Estas respuestas exponenciales corroboran el efecto individual obtenido para las variables X_1 y X_2 sobre este parámetro.

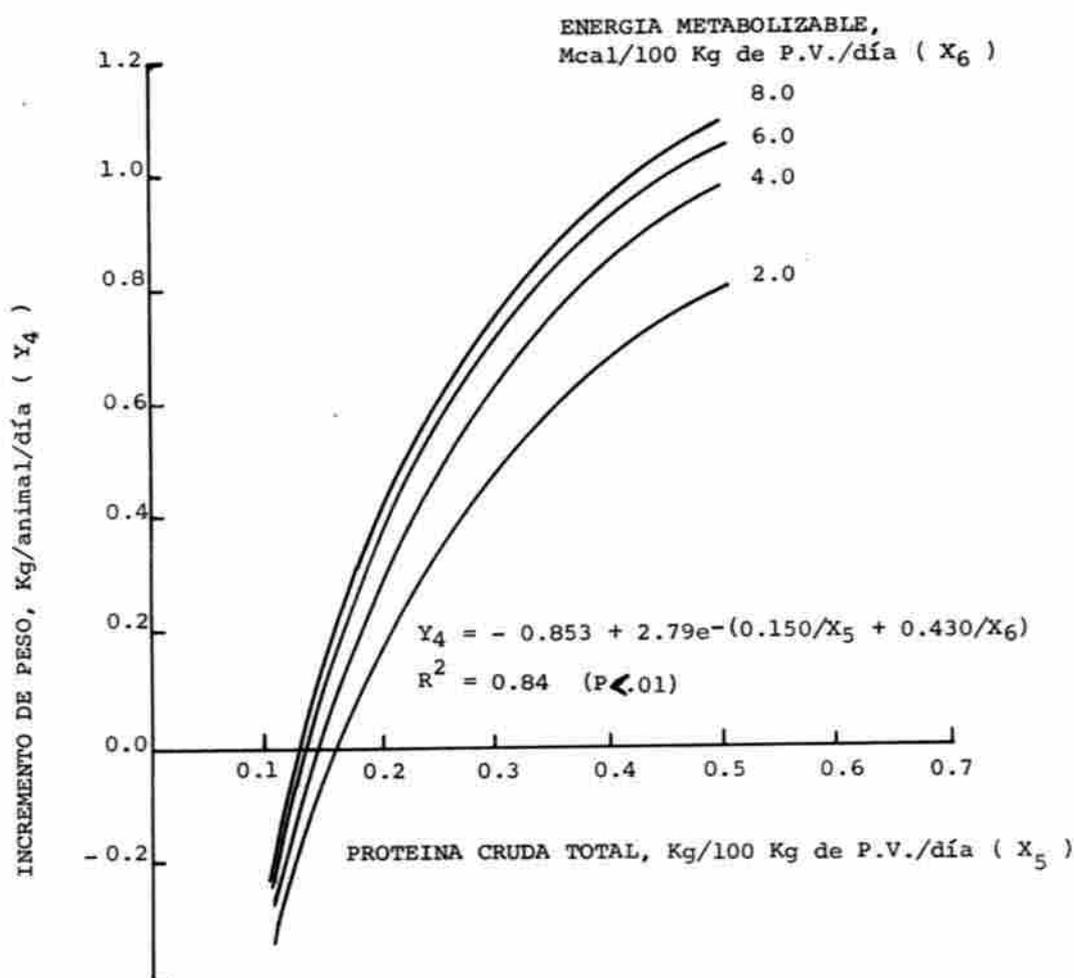


Figura 3. Relación entre el incremento de peso y los niveles de proteína cruda total y energía metabolizable

Los consumos de paja de arroz se presentan en el Cuadro 2., en el que se destaca el hecho de que al aumentar el nivel de proteína suplementaria se incrementó el consumo voluntario de paja de arroz. En cambio, la melaza presentó un efecto contrario. Al aumentar el nivel de melaza de 0.0 a 2.5 Kg al natural/100 Kg de P.V./día, el consumo de paja de arroz disminuyó en un 50%. Estos efectos han sido discutidos por otros autores (Ammerman, 1972; White y col., 1973), quienes indican que se deben a la acción de la proteína y carbohidratos fácilmente digeribles sobre la actividad celulolítica. La proteína produce un efecto positivo sobre la actividad celulolítica cuando el nivel de amoníaco en el rumen es ineficiente, en cambio, el efecto de la melaza es contrario.

Cuadro 2. Consumo de paja de arroz a diferentes niveles de proteína suplementaria y melaza, Kg M.S./100 Kg de P.V./día.

Melaza ^a	PROTEINA SUPLEMENTARIA ^b					\bar{Y}
	0.000	0.075	0.150	0.225	0.300	
0.00	1.51		1.53		1.33	1.46
0.63		0.86		1.26		1.06
1.25	0.80		1.08		1.14	1.01
1.88		0.85		0.87		0.86
2.50	0.69		0.68		0.92	0.76
\bar{Y}	0.55	0.86	1.10	1.06	1.13	1.03

^a Al natural, Kg/100 Kg de P. V./día.

^b Proteína cruda, Kg/100 Kg de P. V./día.

El tratamiento sin suplementación presentó un consumo bajo de paja de arroz (1.50 Kg de MS/100 Kg de P.V./día); sin embargo, este nivel es adecuado para el mantenimiento del animal, en términos de materia seca y proteína (NRC, 1970). Bajo estas condiciones se obtuvo pérdida de peso (0.394 Kg/animal/día), respuesta que puede deberse principalmente a una baja calidad de la proteína de la paja de arroz, así como a un nivel deficiente de energía en este forraje.

La ecuación [2] representa el efecto combinado de X_1 y X_2 sobre el consumo de paja de arroz ($R^2=0.80$, $P < .05$),

$$Y_5 = 4.78 + 6.72X_1 - 1.65X_2 - 10.71X_1^2 + 0.23X_2^2 + 1.04X_1X_2 \quad [2]$$

donde Y_5 representa el consumo de paja de arroz al natural (Kg/animal/día). Este consumo, expresado en términos relativos al peso del animal, se obtiene con la ecuación Y_6 (Kg al natural/100 Kg de P.V./día).

$$Y_6 = \frac{Y_5}{3.0 + 0.5Y_5} \quad [3]$$

El efecto de la suplementación con proteína cruda (X_3) y energía metabolizable (X_4) sobre el consumo de paja de arroz se muestra en la Figura 4. Estos consumos de proteína y energía no incluyen el aporte de la paja de arroz.

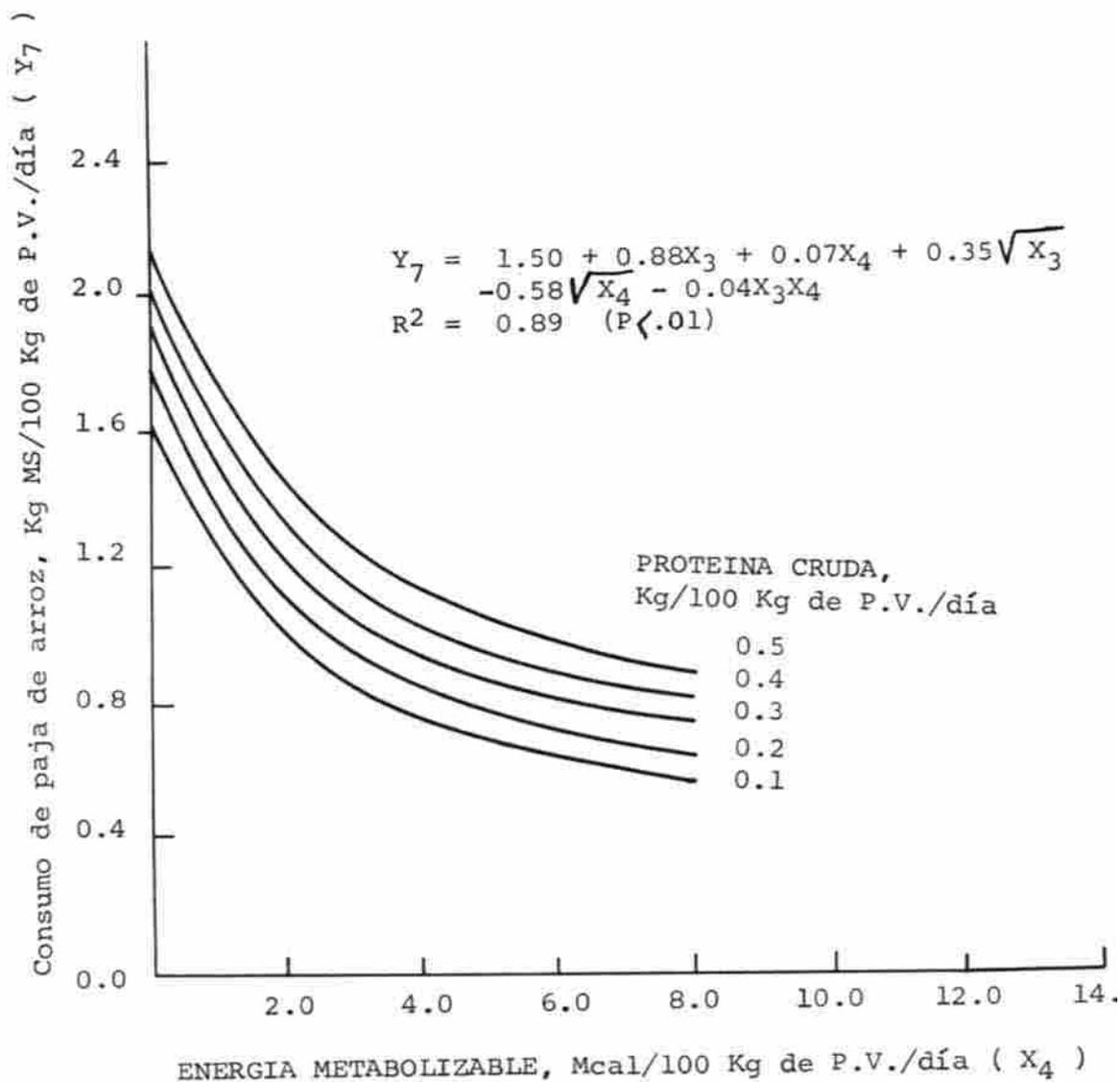


Figura 4. Efecto de la suplementación de proteína cruda y energía metabolizable sobre el consumo de paja

Estos efectos coinciden con los informados por otros autores que han utilizado fuentes de fibra de baja calidad (Ammerman, 1972; White y col., 1973). El escaso efecto del nivel de proteína sobre el consumo de paja de arroz se atribuye al nivel de este nutriente en el forraje utilizado (7.76% en base seca), el cual es superior a los promedios reportados en la literatura (Ruiloba, E. de, 1977; NRC, 1970) y que supuestamente, no es restrictivo del consumo. Con un contenido menor de proteína en la paja de arroz, el efecto de la suplementación proteica hubiese sido mayor, tal como se ha demostrado con otros forrajes (Fick y col., 1973).

Al aumentar el nivel de proteína de la ración mejoró la eficiencia de utilización del alimento (Fig. 5), siendo mayor el efecto a niveles bajos, ya que por encima de 0.300 Kg de proteína cruda total/100 Kg de P. V./día la respuesta fue positiva, pero a una tasa menor.

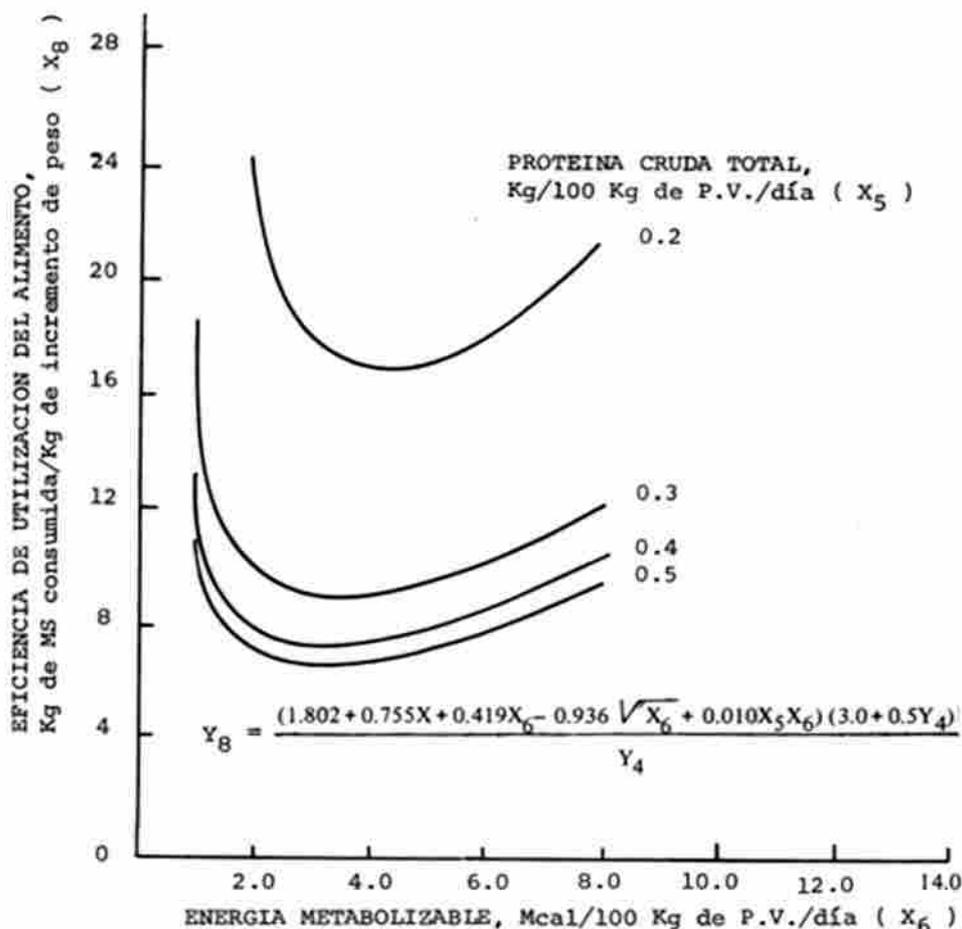


Figura 5. Efecto de la proteína cruda total y energía metabolizable sobre la eficiencia de utilización del alimento

Independientemente del nivel de proteína, el efecto de la energía metabolizable fue curvilíneo, indicando puntos de máxima eficiencia que dependen del nivel proteico. Este efecto de la energía está relacionado con el observado para esta variable sobre el incremento de peso (Fig. 3), el cual presenta aumentos decrecientes al aumentar el nivel de energía metabolizable. Esto implica un mayor consumo de energía y materia seca, pero una disminución en la eficiencia con que el animal las transforma en masa corporal.

La proteína presentó un efecto curvilíneo sobre la eficiencia de utilización de la proteína cruda total (Figura 6) el cual resultó independiente del nivel de energía.

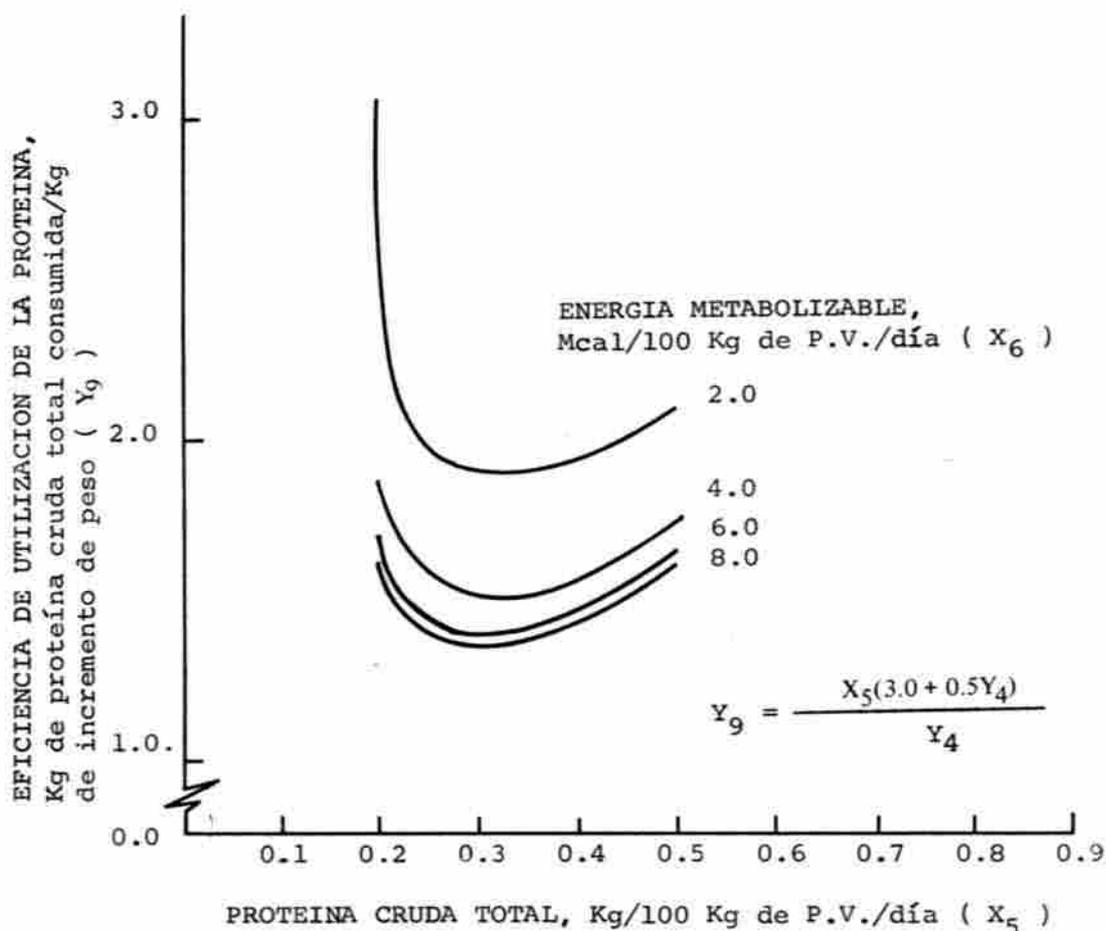


Figura 6. Efecto de la proteína cruda total y energía metabolizable sobre la eficiencia de utilización de la proteína cruda total

A cualquier nivel de energía metabolizable, la eficiencia proteica presentó valores óptimos a un nivel aproximado de 0.300 Kg de proteína cruda total/100 Kg de P.V./día. A medida que aumentó el nivel de energía metabolizable, mejoró en forma exponencial la eficiencia de utilización de la proteína. Esto puede estar asociado con un aumento en la síntesis de proteína microbiana, producto de una mayor disponibilidad de energía para los microorganismos ruminales (Al-Rabbat y col., 1971; Beever y col., 1971).

En la Figura 7 se presenta el efecto del nivel de consumo de proteína cruda total y energía sobre la eficiencia de utilización de la energía metabolizable. Se observa que la proteína presenta un efecto positivo sobre este parámetro, lo que se explica por su efecto sobre el incremento de peso (Fig.3).

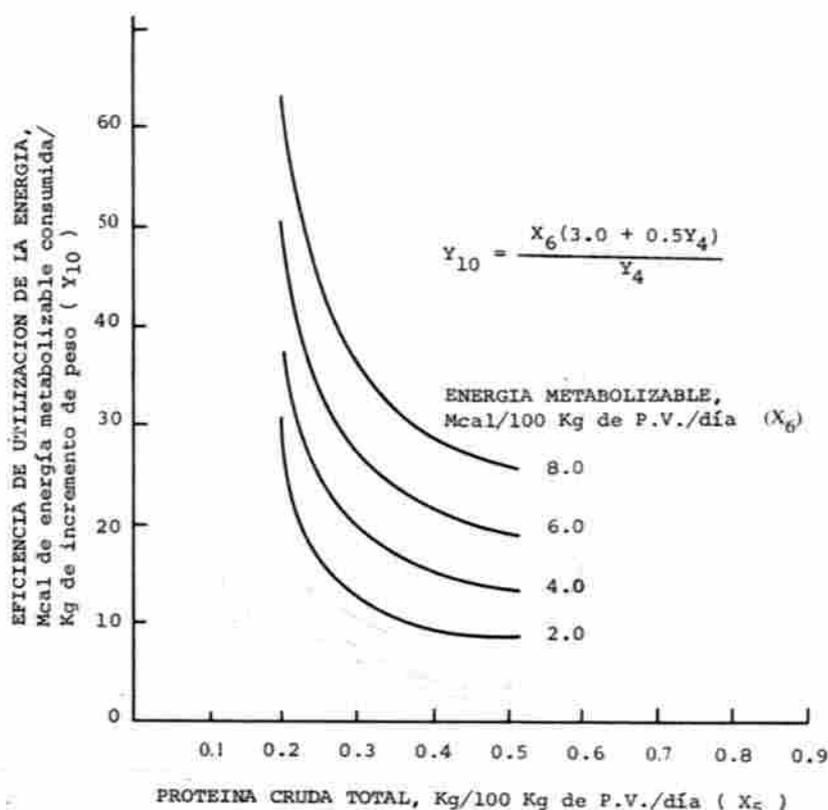


Figura 7. Efecto de la proteína cruda total y energía metabolizable sobre la eficiencia de utilización de la energía metabolizable

Al aumentar el consumo de energía disminuyó la eficiencia de utilización de la energía metabolizable. También esto implicó una mayor concentración de energía en la ración, lo que supone una mayor eficiencia energética (Preston y Willis, 1975), bajo condiciones no limitantes en proteína y dentro del intervalo casi lineal de respuesta en incremento de peso al consumo de energía. A niveles más altos de energía, la eficiencia de utilización de la energía metabolizable puede disminuir como resultado de un aumento en el consumo de energía y una disminución significativa en la tasa de incremento de peso (Fig. 3), que resultaría en una respuesta curvilínea al aumento de consumo de energía, lo que no coincide con la obtenida en el presente trabajo. Esto puede deberse a los altos incrementos de peso obtenidos a niveles bajos de energía metabolizable (Fig. 3), situación que establece una condición de sobre estimación de la eficiencia de utilización de la energía metabolizable. En el Cuadro 3 se presentan los valores del efecto β_2 la

energía sobre la eficiencia energética e incremento de peso, promediados a través de los niveles experimentales de proteína cruda suplementaria (X, 0.150 Kg/100 Kg P.V./día). Se observa un efecto curvilíneo del nivel energético sobre la eficiencia energética, con un valor óptimo a un nivel de consumo de energía metabolizable de alrededor de 3.70 Mcal/100 Kg de P.V./día.

Cuadro 3. Efectos promediados del nivel de energía metabolizable sobre el incremento de peso y la eficiencia de utilización de la energía metabolizable.

MELAZA ^[a]	ENERGÍA METABOLIZABLE ^[b]	INCREMENTO DE PESO ^[c]	EUE ^[d]
0.00	2.62	0.207	41.2
0.63	3.69	0.622	20.5
1.25	5.27	0.687	26.8
1.88	6.74	0.698	34.2
2.50	8.22	0.699	40.3

[a] X₂, Kg al natural/100 Kg de P.V./día.

[b] Mcal/100 Kg de P.V./día.

[c] Obtenida con la función $Y_{11} = 0.700 - 0.493e^{-2.926X_2}$, ($R^2=0.86$, $P < .05$), donde Y_{11} es el incremento de peso en Kg/animal/día.

[d] EUE: Eficiencia de utilización de la energía metabolizable, en Mcal/Kg de aumento de P.V./día.

Para el análisis económico se desarrollaron ecuaciones de ingresos y costos totales para obtener el ingreso neto en función de X_1 y X_2 .

$$\begin{aligned}
 IN = & K + K_1 (-0.394 + 8.406X_1 + 0.412X_2 - 17.417X_1^2 - 0.106X_2^2 \\
 & + 0.187X_1X_2) - [K_0 + K_2(4.78 + 6.70X_1 - 1.65X_2 - 10.71X_1^2 \\
 & + 0.23X_2^2 + 1.04X_1X_2) + 3.41K_3X_2 + 0.11K_4X_1 + 4.34K_5X_1] \quad [4]
 \end{aligned}$$

donde IN representa el ingreso neto (balboas/animal/día)*; K, un diferencial obtenido entre el precio de compra y el de venta sobre el peso inicial del animal (balboas/animal/día); K₁, el precio de venta del animal en pie (balboas/Kg de P.V.); K₂, K₃, K₄ y K₅, el precio (balboas/Kg al natural) de la paja de arroz, melaza, urea y harina de pescado, respectivamente; K₀, los costos fijos (balboas/animal/día).

Al optimizar la ecuación [4], se obtuvieron las ecuaciones [5] y [6] que definen el nivel de X_1 y X_2 en el punto óptimo económico de producción para cualquier precio unitario de venta del producto y de los insumos de paja de arroz, melaza, urea y harina de pescado.

$$\begin{aligned}
 X_1 = & (-0.412K_1 - 1.650K_2 + 3.410K_3 + 0.212K_1X_2 \\
 & + 0.460K_2X_2)/(0.187K_1 - 1.035K_2) \quad [5]
 \end{aligned}$$

* 1 balboa = 1 dólar U.S.A.

$$X_2 = K_1(15.924K_1 + 38.649K_2 - 118.784K_3 - 0.021K_4 - 0.812K_5) + K_2(-28.344K_2 + 73.042K_3 + 0.115K_4 + 4.514K_5) / (7.350K_1^2 + 11.872K_1K_2 - 10.935K_2^2) \quad [6]$$

Con un costo expresado por Kg al natural, de B/.0.034 para la melaza, B/.0.228 para la harina de pescado, B/.0.027 para la urea y B/.0.022 para la paja de arroz, el nivel óptimo económico de X_1 y X_2 es de 0.191 y 1.28 Kg/100 Kg de P.V./día, respectivamente. Esto representa un consumo de harina de pescado, urea y paja de arroz de 0.226, 0.021 y 1.20 Kg al natural/100 Kg de P.V./día. Con esta ración, el animal debe producir una ganancia de peso de 0.976 Kg diarios. Bajo estas condiciones, el subsistema produce un ingreso neto de B/.0.16/animal/día, con una rentabilidad de 7.94% en 120 días (Cuadro 4). Al no considerarse los intereses sobre el capital, este valor es directamente comparable con otras alternativas de inversión.

Cuadro 4. Análisis económico bajo las condiciones de engorde en el Centro Experimental de Gualaca.

	Balboas/animal/100 días
Costo total (CT)	
- Alimentos:	
Melaza	15.20
Harina de pescado	17.90
Urea	1.70
Paja de arroz	9.20
Minerales	0.50
- Instalaciones ^[a]	1.60
- Sanidad animal	1.26
- Manejo de la alimentación ^[b]	3.44
Total	50.80
Ingresos totales (IT)	
- Ganancia de peso ^[c]	53.68
- Diferencial, K ^[d]	13.20
Total	66.88
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>	
Ingreso Neto (IN)	16.08
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>	
Rentabilidad (R) ^[e] , %	7.94

^[a] Instalaciones para 100 animales, con un período de depreciación de 4 años.

^[b] Alimentación manual, un jornal diario para 100 animales.

^[c] Precio de venta, B/.0.55/Kg en pie

^[d] Precio de compra del animal (300 Kg de peso), B/.0.506/Kg en pie.

^[e] $R = 100 \text{ IN} / (\text{Costo inicial del animal} + \text{CT})$, sin considerar el interés al capital.

Se puede aumentar la rentabilidad del subsistema disminuyendo los costos de transporte, principalmente los de paja de arroz y melaza. También es evidente la necesidad de mejorar el precio de la carne obtenida a través de este subsistema, ya que es bien conocido que la calidad y rendimiento en canal es superior al obtenido a base de sistemas pastoriles. Posiblemente, un aumento en el nivel de urea podría favorecer la economía del subsistema, pero hay que considerar los efectos que causaría un nivel alto de urea sobre los requerimientos de proteína cruda y energía del animal.

CONCLUSIONES

1. La paja de arroz no contiene los nutrientes necesarios para mantener al animal sin pérdida de peso. La suplementación energética de este forraje no mejoró apreciablemente la respuesta animal, en cambio, al adicionar una fuente proteica se lograron adecuadas ganancias de peso.
2. El consumo de paja de arroz se incrementó ligeramente por la suplementación proteica y disminuyó en forma exponencial por la suplementación energética.
3. El incremento de peso varió en forma exponencial al aumentar el consumo de energía o proteína, lográndose ganancias de peso hasta de 1.0 Kg/animal/día, cuando se suplementó la paja de arroz con energía y proteína.
4. Es posible obtener subsistemas de alimentación económicamente rentables, a base de paja de arroz, melaza, harina de pescado y urea, factibles de utilizar por el productor durante la época seca.
5. La metodología basada en el establecimiento de relaciones biomatemáticas de insumo-producto, permite la apreciación de una gama de situaciones de producción con un máximo de utilización de los recursos de investigación.

SUMMARY

As first phase in the development of feeding subsystems for bovines, based on the use of rice straw, a study on the effects of the level of supplementary protein and molasses on the response of steers was carried out under feed-lot conditions. Rice straw was administered *ad libitum* while the amounts of molasses, fishmeal and urea were varied. Using an incomplete 5 x 5 factorial arrangement (13 treatments) the levels of supplementary protein (X_1) studied were: 0.0, 0.075, 0.150, 0.225 and 0.300 Kg/100 Kg liveweight/day; the molasses levels (X_2) were: 0.0, 0.630, 1.250, 1.880 and 2.500 Kg as fed/100 Kg liveweight/day; 70% of the supplementary crude protein was provided by fishmeal and the rest by urea. Only those treatments with no supplementary protein caused losses in weight, although both variables affected this parameter in an exponential manner. The equation

$$Y_3 = -0.394 + 8.406X_1 + 0.412X_2 - 17.417X_1^2 - 0.106X_2^2 + 0.187X_1X_2$$

($R^2 = 0.97$, $P < .01$), describes combined effects of the supplementary

crude protein (X_1) and of the molasses (X_2) upon weight gain (Y_3) expressed in Kg/head/day. Molasses intakes negatively affected the intake of rice straw; in contrast, the protein improved it, as can be appreciated from the equation $Y_5 = 4.78 + 6.72X_1 - 1.65X_2 - 10.71X_1^2 + 0.23X_2^2 + 1.04X_1X_2$

($R^2 = 0.80$, $P < .01$), where Y_5 = rice straw intake, Kg D.M./head/day. Both variables produced quadratic effects on the efficiency of feed conversion. The establishment of mathematical input-output relationships allows the calculation of the economic optimum levels of the variables studied depending on the costs of the inputs and selling price of the product.

BIBLIOGRAFIA

- AL-RABBAT, M. F.; BALDWIN, R. L. y WEIR, W. C. Microbial growth dependence on ammonia nitrogen in the bovine rumen: A quantitative study. *Journal of Dairy Science* 54:1162. 1971.
- AMMERMAN, C. B.; VERDE, G. J.; MOORE, J. E.; BURNS, W. C. y CHICCO, C. F. Biuret, urea and natural protein as nitrogen supplements for low quality roughage for sheep. *Journal of Animal Science* 35:121. 1972.
- ARMENDARIZ, V. R. Efecto del nivel de melaza sobre el consumo voluntario de punta de caña y la ganancia de peso en novillos de carne. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1973. 74p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis of AOAC. 11th edition. Washington, D. C., George Banta Company, 1970. 1,015 p.
- BEEVER, D. E.; HARRISON, D. G.; THOMSON, D. J. y OSBOURN, D. F. The supplementation of a low-nitrogen hay with urea and its effects on nitrogen transformation within the alimentary tract of adult sheep. *Proc. Nutr. Soc.* 30:15A. 1971.
- CARNEVALI, A. A.; SCHULTZ, T. A.; SCHULTZ, E. y CHICCO, C. F. Suplementación de heno de baja calidad con melaza y urea. *Memoria ALPA* 6:99. 1971.
- CLAVO, N. Respuesta a diferentes niveles de urea por novillos alimentados con melaza y bagazo de caña de azúcar. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1974. 45p.
- DILLON, J. L. Análisis de funciones de respuesta. In Gastal, E., ed. Análisis económico de los datos de la investigación ganadera. Montevideo, Uruguay. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Zona Sur, 1971. pp. 25-74.

- ELIAS, A. Utilización de subproductos de la caña de azúcar en la alimentación animal: Melaza de caña para producción de carne de res. In Séptima Reunión Interamericana a Nivel Ministerial sobre el Control de la Fiebre Aftosa y otras Zoonosis. Organización Mundial de la Salud. Puerto España, Trinidad, 17-20 de abril de 1974.
- FICK, K. R.; AMMERMAN, C. B.; MCGOWAN, C. H.; LOGGINS, P. E. y CORNELL, J. A. Influence of supplemental energy and biuret nitrogen on the utilization of low quality roughage by sheep. *Journal of Animal Science*, 36:137. 1973.
- FLORES, F. Respuesta bio-económica en novillos de engorde con diferentes niveles de pulpa de café ensilada y proteína. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1973. 61p.
- HELMER, L. G. Y BARTLEY, E. E. Progress in the utilization of urea as a protein replacer for ruminants. A review. *Journal of Dairy Science* 54:25-51. 1971.
- ISIDOR, M. E. Efecto de diferentes niveles de proteína, pasto y raquis de banano sobre el crecimiento de novillos con consumo *ad libitum* de banano. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1973. 50p.
- LATIN AMERICAN TABLES OF FEEDS COMPOSITION. Gainesville, University of Florida, 1974. 509 p.
- LITTLE, C. O. Digestive tract nitrogen and feedlot performance of steer feed soybean meal or urea. *Journal of Animal Science* 27:1169. 1968.
- LOOSLI, J. K. y McDONALD, I. W. Nonprotein nitrogen in the nutrition of ruminants. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Agricultural Studies No. 75, 1968. 94 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of domestic animals. No. 4. Nutrient requirements of beef cattle. 4th edition. Washington, D. C. National Academy of Sciences, 1970. 55p.
- ORSKOV, E. R.; FRASER, C.; McDONALD, I. y SMART, R. I. Digestion of concentrates in sheep. 5. The effect of adding fish meal and urea together to cereal diets on protein digestion and utilization by young sheep. *British Journal of Nutrition* 31:89-98. 1974.
- PRESTON, T. R. y WILLIS, M. B. Producción intensiva de carne. Trad. de la 1a. ed. inglesa por T. R. Preston. México, D.F., Editorial Diana, 1975. pp. 252-258.
- ROUX, H. Estudio preliminar sobre el uso de la urea en la alimentación del ganado bovino en Panamá. *Publicación Técnica* No. 3. 1966. 20p.
- RUILOBA, ELIZABETH DE. Alimentos potenciales para el ganado en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. *Carta Informativa Pecuaria* 1 (2):7. 1977.

- RUIZ, M. E. y VOHNOUT, K. El uso de subproductos en la alimentación de bovinos en el trópico. In Exposiciones Pecuarias del Istmo Centroamericano (EXPICA). Tegucigalpa, Honduras, 10-17 de marzo de 1974.
- SCHULTZ, T. A.; CHICCO, C. F.; CARNEVALI, A. A. y MORENO, J. Sustitución de la harina de ajonjolí por urea en la suplementación del ensilaje de maíz para bovinos. Memoria ALPA 5:7. 1970.
- SNEDECOR, G. W. y COCHRAN, W.G. Statistical methods. 6th edition. Ames, Iowa State University Press, 1972. pp. 447-471.
- WHITE, T. W., REYNOLD, W. L. y HEMBURY, F. G. Influence of urea and molasses on nutrient digestibility of high roughage rations by steers. Journal of Animal Science 37:1428. 1973.