

PRODUCCION DE CARNE DURANTE LA EPOCA SECA A BASE DE SUBPRODUCTOS. II. NIVELES DE PROTEINA Y SUSTITUCION DE PROTEINA VERDADERA POR UREA. [1]

M. H. Ruiloba*, M. E. Ruiz** y C. Pitty***

Utilizando un arreglo factorial incompleto 5 x 5 (13 tratamientos) se estudió el efecto de la variable proteína cruda suplementaria, X_1 (0.06, 0.12, 0.18, 0.24 y 0.30 Kg/100 Kg de P.V./día) y proporciones de X_1 aportada por la urea, X_2 (0.0, 17.5, 35.0, 52.0 y 70.0%), sobre la respuesta de 65 novillos alimentados a base de paja de arroz bajo confinamiento. La fuente de proteína verdadera suplementaria fue la harina de pescado. Se utilizó un nivel fijo de energía metabolizable, 5.20 Mcal/100 Kg de P.V./día y de paja de arroz, 1.10 Kg MS/100 Kg de P.V./día. La proteína cruda suplementaria afectó en forma positiva y exponencial el incremento de peso; sin embargo, a medida que la proporción de urea en X_1 aumentaba, disminuyó prácticamente en forma lineal. Estos efectos están dados por la ecuación:

$$Y_1 = -21.658 + 22.764e^{-(0.0015/X_1 + 0.0002X_2)},$$

($R^2 = 0.86$, $P > .01$), donde Y_1 es el incremento de peso en Kg/animal/día. El reemplazo de la proteína verdadera en un 100% por urea resultó en una menor ganancia de peso del orden del 45%. La ecuación

$$Y_2 = -67.848 + 69.309e^{-(0.002/X_3 + 0.0001X_4)}, \quad (R^2 = 0.83, P < .01),$$

indica el efecto de la proteína cruda total, X_3 (Kg/100 Kg de P.V./día) y del porcentaje de sustitución de esta proteína por urea, X_4 (Kg / animal/día). La eficiencia de utilización de la proteína cruda total consumida fue afectada negativamente por el contenido de urea en la ración. El consumo de energía metabolizable se consideró un poco bajo y se juzga que esta limitación explica las ganancias relativamente moderadas que se obtuvieron. Económicamente, la mejor combinación de X_1 y X_2 fue de 0.170 Kg/100 Kg de P.V./día y 65%, respectivamente, obteniéndose un valor de $Y_1 = 0.629$ Kg/animal/día y una rentabilidad en 120 días, de 5.2%, sin considerar el interés sobre el capital.

La alimentación del ganado en el trópico involucra, en muchos casos, el uso de forrajes de bajo contenido proteico, los cuales requieren suplementación. En Panamá, la disponibilidad de proteína verdadera para la alimentación de rumiantes es crítica debido a la escasez y alto costo de la misma.

[1] Trabajo presentado en la 6a. Reunión Latinoamericana de Producción Animal (A.L.P.A.), La Habana, Cuba, 4-10 diciembre, 1977.

* M. Sc., Nutricionista, 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.

*** Agr., Asistente, Centro Experimental de Gualaca, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

La harina de pescado y la harina de carne y hueso son fuentes proteicas producidas en el país y tienen un costo por unidad de nitrógeno cuatro a seis veces superior al de la urea.

En raciones para bovinos se puede sustituir hasta un 30% de la proteína cruda total por su equivalente en urea, sin que se afecte la respuesta del animal (Oltjen, 1969; Elías 1974). También se ha informado de niveles de sustitución de 100%, con una reducción del 35% en el crecimiento, eficiencia alimenticia y retención de nitrógeno (Oltjen, 1969). Varios investigadores (Ruíz y Vohnout, 1974; Clavo, 1974), al utilizar en raciones de engorde de ganado la harina de carne y hueso, como fuente principal de proteína cruda verdadera y niveles de sustitución por urea desde 0 a 72%, encontraron una disminución lineal en la ganancia de peso a medida que se incrementó la urea.

Se ha indicado (Loosli y McDonald, 1968) que el nivel de proteína de la ración afecta la eficiencia de utilización de la urea, disminuyendo ésta al aumentar la concentración de proteína. El nivel y fuente de energía son importantes ya que los microorganismos del rumen requieren de suficiente energía para transformar la urea en proteína.

El presente trabajo se realizó en base a consideraciones de un estudio anterior (Ruiloba y Ruíz, 1978), en el que se sugiere estudiar la factibilidad bio-económica de utilizar altos niveles de urea en raciones de engorde de ganado, basadas en el uso de la paja de arroz.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio se desarrolló durante la época seca, en el Centro Experimental de Gualaca, ubicada a una altura de 45 msnm y una temperatura promedio de 28°C durante esta época.

Se utilizaron 65 animales Cebú comercial, con un peso promedio de 300 Kg y una edad promedio de 24 meses. Inicialmente, los animales recibieron los tratamientos sanitarios contra endo y ectoparásitos; además, se les aplicó 2,500,000 UI de vitamina A; 3,750,000 UI de vitamina D y 250 UI de vitamina E. Todos los animales recibieron una mezcla mineral* a libre consumo durante el período experimental.

La prueba se realizó bajo condiciones de encorralamiento de los animales y la alimentación se caracterizó por un nivel fijo de paja de arroz (1.10 Kg de MS/100 Kg de P.V./dfa) y de energía metabolizable (5.20 Mcal/100 Kg de P.V./dfa), el cual se mantuvo mediante pequeñas variaciones en el nivel de melaza, de acuerdo al consumo de harina de pescado y urea. La variación en estos dos últimos ingredientes obedeció a condiciones establecidas por los tratamientos, los que contemplaron cinco niveles de proteína cruda suplementaria (0.060, 0.120, 0.180, 0.240 y 0.300 Kg/100 Kg de P.V./dfa) y cin-

* 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.

co niveles de sustitución de proteína verdadera suplementaria por su equivalente en urea (0.0, 17.5, 35.0, 52.0 y 70.0%). El nivel de energía de las raciones experimentales se determinó utilizando valores reportados en la literatura (Latin American Tables of Feeds Composition, 1974). Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial incompleto, con el que se evaluaron 13 tratamientos. El experimento tuvo una duración de 109 días, incluyendo 21 días de adaptación. La adaptación del animal a la urea se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Método de suministro de la urea al animal.

DIAS DE ADAPTACION	CONSUMO DE UREA, g/100 Kg de P. V./ día
1, 2, 3	15
4, 5, 6	30
7, 8, 9	45
10, 11, 12	60
13, 14, 15	75
16	80
17	85
18	90
19	95
20	100

Para el análisis de materia seca se utilizó el método al vacío y para la proteína, el método de Kjeldahl (AOAC, 1970). Los contenidos promedios de materia seca y proteína de la melaza, harina de pescado y paja de arroz fueron de 75.40 y 4.70; 92.05 y 59.25; 91.76 y 4.96%, respectivamente. La urea presentó un contenido de nitrógeno de 45.3%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los consumos de urea fijados para cada uno de los tratamientos se lograron en el tiempo estipulado por el método de suministro al animal (Cuadro 1), sin problemas de consumo de la ración o de intoxicación por urea. Church (1974), en una revisión sobre adaptación de rumiantes a la urea, presenta información basada en la capacidad de síntesis de los microorganismos del rumen, retención de nitrógeno e incremento de peso, la que establece que en un período de 20 a 40 días el animal se adapta a dosis altas de urea.

El consumo diario de materia seca (2.15 Kg/100 Kg de P.V.) y energía metabolizable (5.20 Mcal/100 Kg de P.V.) resultó prácticamente constante para todos los tratamientos. El consumo máximo de urea fue de 0.265 Kg/animal/día, lo que representó una sustitución por urea del 70% de la proteína cruda suplementaria y de un 53.7% de la proteína cruda total.

Los incrementos de peso obtenidos en cada tratamiento se presentan en el Cuadro 2, donde se observa una respuesta promedio de 0.688 Kg/animal/

día, con incrementos mínimos de 0.221 y máximos de 0.915 Kg/animal/día.

Cuadro 2. Incremento de peso a diferentes niveles de proteína cruda suplementaria y proporciones de ésta aportada por la urea, Kg/animal/día.

UREA ^[a]	PROTEINA CRUDA SUPLEMENTARIA ^[b]					\bar{Y}
	0.060	0.120	0.180	0.240	0.300	
0.0	0.462		0.904		0.915	0.760
17.5		0.849		0.910		0.879
35.0	0.509		0.856		0.869	0.745
52.0		0.404		0.776		0.590
70.0	0.221		0.572		0.607	0.467
\bar{Y}	0.397	0.626	0.777	0.843	0.797	0.688

[a] Por ciento de sustitución de proteína verdadera suplementaria por su equivalente en urea.

[b] Kg/100 Kg de P.V./día.

El efecto de la proteína cruda suplementaria y la sustitución de esta proteína por urea, sobre el incremento de peso se ilustra en la Figura 1. Independiente del nivel de sustitución por urea, al incrementarse la proteína cruda suplementaria, la respuesta animal aumentó en forma exponencial. Estos resultados confirman los obtenidos en un trabajo anterior (Ruiloba y Ruíz, 1978), en donde a partir de 0.225 Kg de proteína cruda suplementaria (harina de pescado-urea)/100 Kg de P.V./día, el incremento de peso permaneció casi constante. Otros autores (Flores, 1973; Isidor, 1973) han informado este tipo de efecto de la proteína sobre la ganancia de peso.

A medida que aumentó el nivel de urea en la ración, el incremento de peso disminuyó en forma lineal (Figura 1). Teóricamente, al reemplazar el 100% de la proteína verdadera suplementaria por urea, se espera una disminución en la ganancia de peso del 45%. Estos resultados son similares a los obtenidos con otras fuentes de proteína verdadera (Schultz y col., 1970; Ruíz y Vohnout, 1974; Clavo, 1974). Además, se encontró que un reemplazo del 100% no afectó la digestibilidad de la materia seca y nitrógeno total, pero sí en forma negativa la retención de nitrógeno (Schultz y col., 1970). Sin embargo, otros autores han obtenido efectos negativos sobre estos parámetros al aumentar al nivel de urea en la ración (Kropp y col., 1977).

El efecto de la proteína cruda total y de la sustitución por urea sobre el incremento de peso se indica en la Figura 2. Esta respuesta confirma el efecto cualitativo obtenido con la proteína cruda suplementaria y la sustitución de esta proteína por su equivalente en urea (Figura 1).

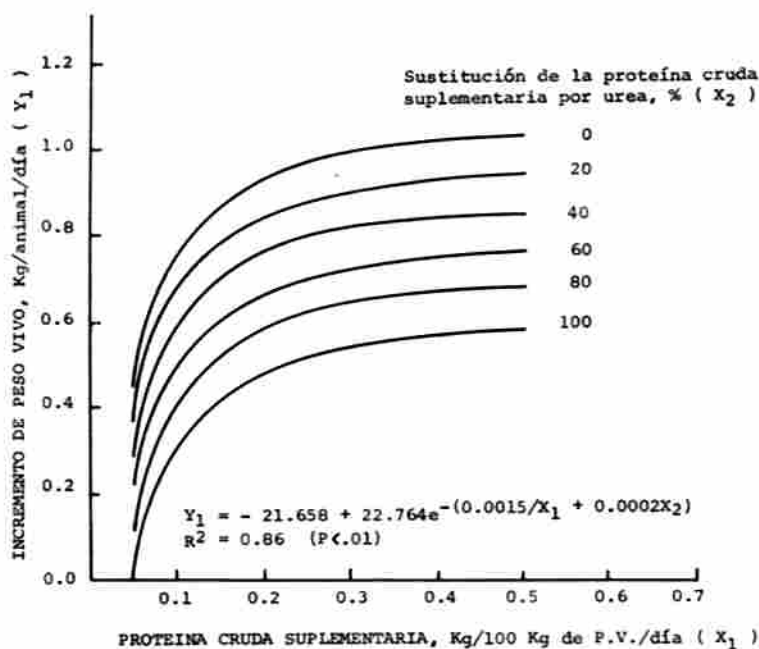


Figura 1. Efecto de la proteína cruda suplementaria y sustitución de esta proteína por urea sobre el incremento de peso

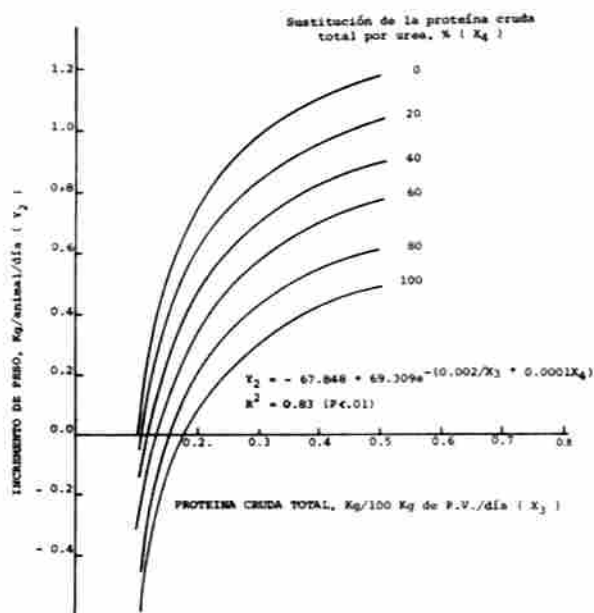


Figura 2. Efecto de la proteína cruda total y sustitución de esta proteína por urea sobre el incremento de peso

Al aumentar el nivel de urea, las tasas de disminución del incremento de peso fueron de 0.0045 y 0.0069 Kg por unidad porcentual de sustitución por urea, de la proteína cruda suplementaria y proteína cruda total, respectivamente. Ruíz y Vohnout (1976) obtuvieron un valor de 0.0047 al utilizar un nivel de proteína cruda total de 0.360 Kg/100 Kg de P.V./día y niveles de sustitución por urea de hasta 60% del total de esta proteína. Las fuentes de proteína verdadera suplementaria fueron diferentes, pero esto no explica la diferencia obtenida en la tasa de disminución del incremento de peso, ya que se ha indicado que la proteína aportada por la harina de pescado es mejor utilizada por los rumiantes que la harina de carne y hueso (Ruíz y Vohnout, 1974). Es posible que la diferencia se deba al nivel de energía de la ración, ya que estos autores ofrecieron a los animales melaza *ad libitum*, obteniendo consumos mayores de 6.0 Mcal EM/100 Kg de P.V./día, nivel que es superior al utilizado en el presente trabajo. Se ha indicado (Loosli y McDonald, 1968; Kropp y col., 1977) que para una mejor utilización de la urea es necesario que los microorganismos del rumen cuenten con la suficiente disponibilidad de energía.

La eficiencia de utilización de la proteína cruda total consumida varió en forma curvilínea al incrementarse el contenido de proteína de la ración (Figura 3), con los mejores resultados a un nivel de proteína que depende de la proporción de urea en la ración. En cambio, este parámetro resultó afectado negativamente por el nivel de sustitución por urea.

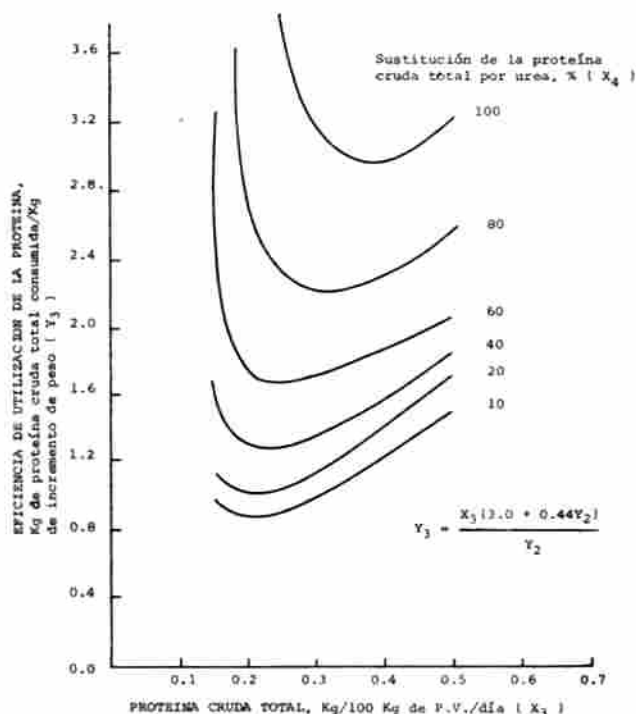


Figura 3. Efecto de la proteína cruda total y sustitución de esta proteína por urea sobre la eficiencia de utilización de la proteína cruda total.

Otros investigadores (Ruíz y Vohnout, 1974) han informado un efecto cualitativo de la urea sobre la eficiencia de utilización de la proteína cruda, similar al obtenido en el presente trabajo. A niveles menores de 40% de sustitución por urea las mejores eficiencias de utilización de la proteína cruda se obtuvieron prácticamente al mismo nivel de proteína cruda (0.200 Kg/100 Kg de P.V./día). En cambio, a niveles mayores de urea, la eficiencia óptima se obtuvo a niveles más altos de proteína cruda. La literatura informa que hasta un nivel de 30% de sustitución por urea, la utilización del NNP es similar a la del nitrógeno proteico (Oltjen, 1965; Elías, 1974).

Para el análisis económico se utilizó el procedimiento indicado en un estudio anterior (Ruiloba y Ruíz, 1978), de tal forma que,

$$\begin{aligned}
 IN = & K - K_1(0.2250 + 5.6481X_1 + 0.0014X_2 - 11.0602X_1^2 \\
 & - 0.0001X_2^2 + 0.0005X_1X_2) - K_0 - K_4(0.0826 - 0.4714X_1 \\
 & - 0.0023X_2) - K_5(0.3517 + 3.5708X_1 - 0.0107X_2) \\
 & - (1.0840K_2 + 0.8700K_3)(3.0990 + 2.4852X_1 + 0.0006X_2 \\
 & - 4.8665X_1^2 - 0.00004X_2^2 + 0.0002X_1X_2) \quad [1]
 \end{aligned}$$

En donde (IN) es el ingreso neto (balboas*/animal/día); K_0 , los costos fijos (balboas/animal/día); K , un diferencial obtenido entre el precio de compra y el de venta, sobre el peso de entrada del animal al período de prueba, (balboas/animal/día); K_1 , el precio de venta del animal en pie (balboas/Kg de P.V.); K_2 , K_3 , K_4 , K_5 , el precio (balboas/Kg en base seca) de la paja de arroz, melaza, urea y harina de pescado, respectivamente.

El nivel óptimo económico de las variables X_1 y X_2 , para cualquier precio unitario de los insumos paja de arroz, melaza, urea y harina de pescado, se obtiene a partir de las ecuaciones [2] y [3].

$$\begin{aligned}
 X_1 = & (-0.0012K_1^2 + 0.0001K_1K_4 + 0.0007K_1K_5 + 0.0011K_1K_2 \\
 & + 0.0010K_1K_3 - 0.00001K_2K_4 - 0.00002K_3K_4 - 0.0003K_2K_5 \\
 & - 0.0002K_3K_5 - 0.0003K_2^2 - 0.0004K_2K_3 \\
 & - 0.0001K_3^2)/(-0.0044K_1^2 + 0.0041K_1K_2 + 0.0032K_2K_3 \\
 & - 0.0010K_2^2 - 0.0014K_2K_3 - 0.0006K_3^2) \quad [2]
 \end{aligned}$$

* 1 Balboa = 1 dólar U.S.A.

$$\begin{aligned}
 X_2 = & [X_1(22.1204K_1 - 10.5506K_2 - 8.4677K_3) \\
 & - 5.6481K_1 + 0.4714K_4 + 3.5708K_5 + 2.6940K_2 \\
 & + 2.1621K_3] / (0.0005K_1 - 0.00002K_2 - 0.00017K_3) \quad [3]
 \end{aligned}$$

Bajo las condiciones de costo de los insumos y productos que se obtienen en el Centro Experimental de Gualaca, se determinó que la condición óptima económica de producción se obtiene con 0.170 Kg de proteína cruda suplementaria/100 Kg de P.V./día, de la cual un 65% es aportada por la urea. Esto representa un consumo de 0.045 Kg de urea, 0.080 Kg de harina de pescado, 1.084 Kg de paja de arroz y 0.870 Kg de melaza, en base seca/100 Kg de P.V./día. Esta ración permite una ganancia de peso esperada de 0.629 Kg/animal/día. Con este nivel de producción, el subsistema ofrecería una rentabilidad en 120 días de 5.2%, sin incluir el interés al capital.

CONCLUSIONES

1. La respuesta en términos de ganancia de peso, aumentó en forma exponencial al incrementarse el nivel de consumo de proteína.
2. Al aumentarse el nivel de consumo de urea, la ganancia de peso disminuyó en forma lineal; sin embargo, es posible obtener adecuados aumentos de peso con niveles altos de urea, siempre que el animal disponga de la energía necesaria.
3. Con los costos actuales de los insumos utilizados en este trabajo, es posible obtener sub-sistemas de alimentación rentables, con niveles altos de urea en la ración.

SUMMARY

An experiment was conducted to study the effect of crude protein, X_1 (0.06, 0.12, 0.18, 0.24 and 0.30 Kg/100 Kg of liveweight/day), and the proportions of X_1 contributed by urea, X_2 (0.0, 17.5, 35.0, 52.0 and 70.0%), on the performance of steers receiving rice straw as a basal diet. Sixty-five Zebu steers were used in an incomplete 5 x 5 factorial design (13 treatments). Fishmeal was the true protein source. A constant metabolizable energy allowance (5.20 Mcal/100 Kg liveweight/day) and a fixed amount of rice straw (1.10 Kg D.M./100 Kg liveweight/day) were provided. Average daily gains were increased by the use of supplementary crude protein in an exponential manner; however, as the proportion of urea in the diet increased, the response decreased almost linearly. These effects are expressed by the following equation:

$Y_1 = -21.658 + 22.764e^{-(0.0015/X_1 + 0.0002X_2)}$, ($R^2 = 0.86$, $P < .01$), where Y_1 represents the average daily gain (Kg/head). The total substitution of

the true protein by urea resulted in a 45% lower daily gain.

The effect of total crude protein, X_1 (Kg/100 Kg liveweight/day) and the percentage of protein substitution by urea, $X_2\%$, on the average daily gain, Y_2 (Kg/head), is expressed by the equation:

$$Y_2 = -67.848 + 69.309e^{-(0.002/X_3 + 0.0001X_4)}, (R^2 = 0.83, P < .01).$$

The efficiency of total protein utilization was affected in a curvilinear manner by the level of total crude protein, and in a negative manner by the urea content of the ration. Consumption of metabolizable energy was considered relatively low, and probably, this fact limited the daily gains.

From an economical point of view, the best combination of X_1 and X_2 was 0.170 and 65%, respectively. This combination resulted in a daily gain of 0.629 Kg/animal and gave a profit of 5.2%.

BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official of analysis of AOAC. 11th edition, Washington, D.C., George Banta Company, 1970. 1,015p.
- 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.
- CHURCH, D. C. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Vol. 2. Nutrición. Trad. de la 1 ed. inglesa por F. Castrejón C. Zaragoza, España, Editorial Acribia, 1974. pp. 222-225.
- 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.
- 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. 50p.
- 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. 61 p.
- KROPP, J. R.; JOHNSON, R. R.; MALES, J. R. y OWENS, F. N. Microbial protein synthesis with low quality roughage rations: isonitrogenous substitution of urea for soybean meal. Journal of Animal Science, 45:837. 1977.
- LATIN AMERICAN TABLES OF FEEDS COMPOSITION. Gainesville, University of Florida, 1974. 509p.

- 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. 73, Roma, 1968. 94 p.
- OLTJEN, R. Effects of feeding ruminant non-protein nitrogen as the only nitrogen source. *Journal of Animal Science* 28:673. 1969.
- RUILOBA, M. H. y RUIZ, M. E. Producción de carne durante la época seca a base de subproductos. I. Niveles de proteína suplementaria y melaza. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* 1: en prensa. 1978.
- 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, 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.