

EFFECTO DE LA ADICION DE NITROGENO, ENERGIA E ISOACIDOS A LA PULPA FRESCA DE HENEQUEN SOBRE EL CRECIMIENTO DEL BORREGO PELIBUEY EN CONFINAMIENTO

ARMANDO RODRÍGUEZ A.¹
ARTURO CASTELLANOS R.²
GUADALUPE BERNAL S.^{3, 4}
ARMANDO S. SHIMADA³

Resumen

Se realizaron 2 experimentos con objeto de estudiar la respuesta del borrego pelibuey en crecimiento, alimentado con una dieta a base de pulpa de henequén fresca (*Agave fourcroydes*) suplementada con diversas fuentes nitrogenadas, energéticas con o sin isoácidos. En ambos experimentos se utilizaron 84 borregos machos enteros distribuidos en cuatro tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento y 7 animales por repetición. En el primer experimento se utilizó un diseño totalmente al azar. Los experimentos tuvieron una duración de 161 días. En el primer experimento se observó un incremento lineal significativo ($P \leq 0.01$) en el peso vivo final y en el consumo voluntario de pulpa de henequén en base seca ($P \leq 0.05$) conforme se incrementó el porcentaje de pasta de soya en la dieta. En el segundo experimento se encontró un efecto significativo ($P \leq 0.01$) atribuible al empleo de grano de sorgo sobre el peso vivo final y la ganancia diaria de peso. No se observó efecto de la adición

de isoácidos en la dieta, sobre ninguno de los parámetros estudiados.

Introducción

En estudios previos se utilizó el bagazo y la pulpa del henequén como forraje de base en dietas para borregos pelibuey en crecimiento. En ellos se vio que la pulpa distribuida como única fuente alimenticia a los animales no es capaz de mantener el peso vivo de éstos debido principalmente a su bajo contenido proteico. El aporte de una fuente nitrogenada permitió suplir la deficiencia proteica de estos subproductos y acelerar el crecimiento de los borregos (Sanginés *et al.*, 1976; Sanginés y Shimada, 1978). Asimismo, se encontró una respuesta lineal significativa sobre la ganancia diaria de peso al aumentar el consumo de suplemento y de proteína verdadera.

En los trabajos anteriores se dejó entrever que una carencia en cadenas de carbono a nivel de rumen limitaba el aprovechamiento de fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) en dietas a base de subproductos de henequén.

En efecto, se ha puesto en evidencia que las bacterias celulolíticas del rumen requieren para su crecimiento de la presencia de ácidos grasos volátiles de cadena de carbono ramificada en el medio: Isobutírico, isovalérico y 2-metil-butírico (Dehority, Scott y Kowaluk, 1967). Dichos isoácidos son carboxilados a nivel ruminal y los cetoácidos sintetizados pueden ser aminados

Recibido para su publicación el 2 de septiembre de 1981.

¹ Centro Experimental Pecuario Mochá. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias (INIP). Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Apdo. Postal 100 Suc. "D". Mérida, Yuc.

² Dirección Regional de Investigaciones Pecuarias Península de Yucatán. INIP-SARH. Calle 60 Núm. 395. Mérida, Yuc.

³ Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica. INIP-SARH. Km. 15.5 Carr. México-Toluca. Palo Alto, D.F.

⁴ Dirección actual: Department of Animal Science, University of Cornell. Ithaca, N.Y. EUA.

para formar aminoácidos de cadena de carbono ramificada (valina, leucina e isoleucina, respectivamente). (Allison, 1969.)

La adición de isoácidos en dietas altas en urea para novillos incrementó la retención de nitrógeno en los animales debido a una disminución de la excreción urinaria (Oltjen *et al.*, 1971). No se observó una alteración en el número de protozoarios ruminales o en el número de bacterias celulolíticas, pero en cambio incrementó la cantidad de valina y de isoleucina en el plasma sanguíneo. Resultados similares fueron encontrados en ovinos por Umunna, Klopfenstein y Woods (1975).

El objeto del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de fuentes nitrogenadas y energéticas, así como de isoácidos a la pulpa de henequén fresca para mejorar la utilización del NNP.

Material y métodos

Se realizaron 2 experimentos en el Centro Experimental Pecuario Mocochoá, situado en el Estado de Yucatán, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarías-SARH. En cada experimento se utilizaron 84 borregos machos enteros en crecimiento, de la raza pelibuey, distribuidos completamente al azar en 4 tratamientos, con 3 repeticiones por tratamiento y 7 animales por repetición. Los animales fueron instalados en corraletas con piso de cemento, techo de lámina, bebederos de piletta, comederos y saladeros.

En los 2 experimentos los animales fueron tratados contra endoparásitos antes de iniciar los períodos experimentales. Estos tuvieron una duración de 161 días incluyendo un período de adaptación a las dietas durante los primeros 21 días.

Todos los animales dispusieron de una mezcla mineral a libre acceso, compuesta por 61.5%, roca fosfórica; 36% sal yodada, y 2.5%, de premezcla mineral (81.4%, azufre; 3.7%, sulfato ferroso [5 H₂O]; 3.7%, sulfato de manganeso; 9.8%, sulfato de zinc; 1.2%, sulfato de cobre; 0.1%, sulfato de cobalto, y 0.1%, selenito de sodio).

Los animales fueron sometidos a dieta durante 18 hs previas a los pesajes realizados: Al inicio del período de adaptación, del período de mediciones y subsecuentemente cada 28 días. Los pesos vivos registrados permitieron hacer el ajuste de la cantidad de suplemento distribuido a los borregos.

Experimento 1. Para este estudio se utilizó un diseño estadístico completamente al azar. Los animales recibieron como ración de base pulpa de henequén fresca, durante 5 días a la semana. Debido a que los fines de semana no trabajan las desfibradoras, en sábados y domingos los animales se alimentaron con pulpa desfibrada el viernes y apilada a la intemperie. Diariamente se pesó la cantidad de pulpa ofrecida y rechazada. La composición promedio de la pulpa fue: Materia seca, 21.5%; proteína cruda, 5.4%; extracto etéreo, 2.8%; fibra cruda, 22.4%; materia mineral, 12.0%, y extracto libre de nitrógeno, 57.4%.

El suministro de pulpa fue a libre consumo, asegurándose de que existiera un rechazo diario de aproximadamente el 10% de la cantidad ofrecida. Los suplementos aportados se muestran en el Cuadro 1. Se realizó una substitución parcial y total de la pasta de soya por una combinación de urea, isoácidos (isobutírico, isovalérico y 2-metil-butírico) y melaza. El suplemento ofrecido varió en las 4 dietas en diferentes proporciones de acuerdo al peso vivo de los animales, con objeto de ofrecer un aporte igual de nutrientes/día/kg de peso vivo: 5.1 g de proteína cruda y 34.2 Kcal de energía metabolizable.

La cantidad de isoácidos aportada en las dietas representaba el 14% de la cantidad de urea.

Experimento 2. Se utilizó un diseño totalmente al azar en un arreglo factorial 2 × 2, con 2 fuentes energéticas (grano de sorgo y melaza de caña de azúcar), con o sin aporte de isoácidos (Cuadro 1). El manejo general de los animales fue similar al descrito anteriormente.

En ambos experimentos los parámetros medidos fueron: consumo diario de alimento y ganancia de peso.

CUADRO 1

Composición de los suplementos experimentales (%)

EXPERIMENTO 1

Ingrediente	SUPLEMENTO			
	1	2	3	4
Pasta de soya	100	61.2	28.18	—
Urea	—	5.09	9.02	12.36
Isoácidos	—	0.70	1.26	1.79
Melaza	—	33.01	61.54	85.85
Materia seca	88.0	84.6	75.9	75.9
Alimento ofrecido como por ciento del peso vivo	1.14	1.24	1.35	1.46

EXPERIMENTO 2

Ingrediente	SUPLEMENTO			
	A	B	C	D
Melaza	86.92	—	85.85	—
Sorgo molido	—	89.11	—	87.85
Urea	13.08	10.89	12.36	10.25
Isoácidos	—	—	1.79	1.90
Materia seca	78.3	90.2	76.7	88.4
Alimento ofrecido como por ciento al peso vivo	1.45	1.35	1.45	1.37

Los resultados del primer experimento fueron procesados estadísticamente mediante el análisis de varianza y comparaciones individuales por el método de Tukey. Los resultados del segundo experimento se interpretaron mediante el análisis de varianza para su arreglo factorial de tratamientos según Lison (1968).

Resultados y discusión

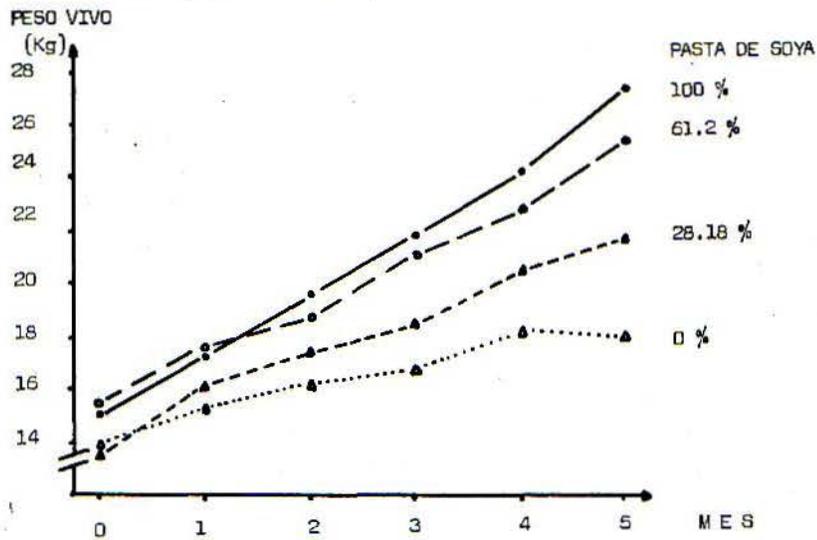
Experimento 1. 28 días previos al final del período experimental, 2 animales de la dieta 3 murieron, habiéndose diagnosticado una intoxicación por urea. Los resultados del aumento de peso y consumo de pulpa fresca se muestran en las Gráficas 1 y 2, y en el Cuadro 2.

El peso inicial de los animales de los lotes 1 y 2 fue superior al de los otros 2 lotes. Sin embargo, el peso vivo al inicio del período de adaptación fue similar en todos los grupos (14.8; 15.3; 15.0, y 15.2 kg, para los lotes 1, 2, 3 y 4, respectivamente), y sus diferencias de peso al final del período de adaptación (peso inicial) se consideraron como una respuesta al tipo de dieta consumida durante ese lapso.

El aumento de peso vivo fue mayor, casi a todo lo largo del experimento, para los lotes que consumieron una mayor cantidad de pasta de soya. La ecuación de regresión es $\hat{Y} = 0.5812x + 31.7531$, con un coeficiente de correlación $r = 0.82$. Se encontró una relación lineal significativa entre el incremento de la ganancia diaria de

GRAFICA 1

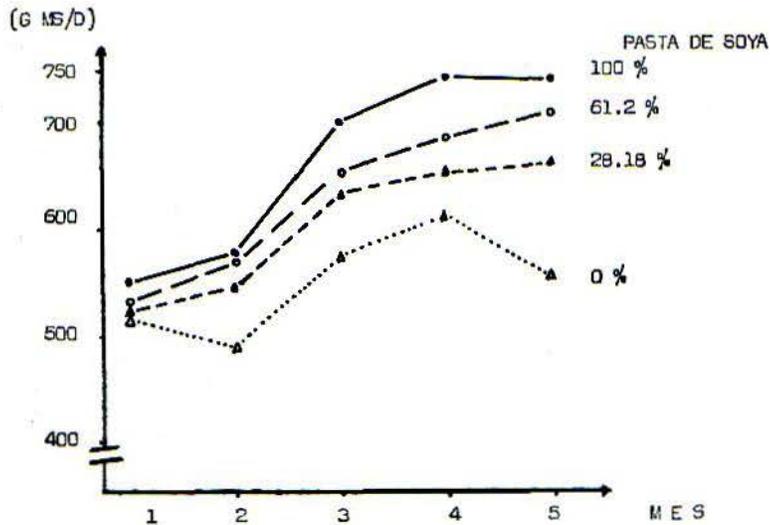
EVOLUCION DEL PESO CORPORAL DEL BORREGO PELIBUEY ALIMENTADO CON PULPA DE HENEQUEN FRESCA Y DIVERSOS PORCENTAJES DE PASTA DE SOYA.



GRAFICA 2

EXPERIMENTO 1

CONSUMO VOLUNTARIO DE PULPA DE HENEQUEN. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS.



CUADRO 2

Substitución de la pasta de soya por urea y cadenas carbonadas en dietas a base de pulpa de henequén fresca
Efecto sobre la velocidad de crecimiento y el consumo de MS ($\bar{X} \pm DE$) *

Suplemento	1	2	3	4
Peso inicial (kg)	15.1 \pm 1.4 ^a	15.4 \pm 1.5 ^a	13.9 \pm 1.2 ^c	14.0 \pm 1.5 ^{bc}
Peso final (kg)	27.5 \pm 2.9 ^a	25.6 \pm 3.0 ^b	21.9 \pm 3.7 ^d	18.2 \pm 2.0 ^f
Ganancia diaria (kg)	89 \pm 14 ^a	72 \pm 14 ^c	57 \pm 21 ^e	30 \pm 10 ^g
Consumo pulpa (g MS)	654 \pm 79 ^a	620 \pm 64 ^{ab}	594 \pm 51 ^{ab}	541 \pm 37 ^b

* Literales diferentes indican diferencia significativa.

^{a, b} = P < 0.05.

^{a, c} = P < 0.01.

peso y el aumento del porcentaje de pasta de soya en la dieta (Gráfica 3).

Este resultado viene a ratificar lo encontrado por Sanginés y Shimada (1978), los cuales observaron un incremento en la ganancia de peso del borrego pelibuey, conforme se incrementó la cantidad de proteína verdadera en la dieta.

Asimismo, se observó un estímulo sobre el consumo de materia seca, conforme se aumentó la cantidad de pasta de soya en la dieta (Cuadro 2).

Cabe aclarar que cuando se expresa el consumo de materia seca en gramos por kg de peso metabólico ($P^{0.75}$), se encontró como promedio a lo largo del experimento 91, 91, 96 y 97 g MS consumida/kg $P^{0.75}$, para los lotes 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Es decir, que bajo este criterio, el consumo de materia seca disminuyó sin ser significativo conforme se incrementó la cantidad de pasta de soya en la dieta. En forma global estos niveles de consumo son bajos cuando se comparan con los recomendados por el N.R.C. (1975), para ovinos en crecimiento, que son del orden de 106 g.

El escaso aprovechamiento metabólico de las dietas conteniendo urea-isoácidos podría explicarse por el hecho de que haya existido en el rumen un desfaseamiento entre la liberación de la energía de la dieta de base y la presencia de urea-isoácidos. Al no disponer los microorganismos ruminales de la energía necesaria para realizar la carboxi-

lación y aminación de los isoácidos, la urea se pudo haber transformado en amoníaco en el rumen y absorbido a través de la pared de este órgano.

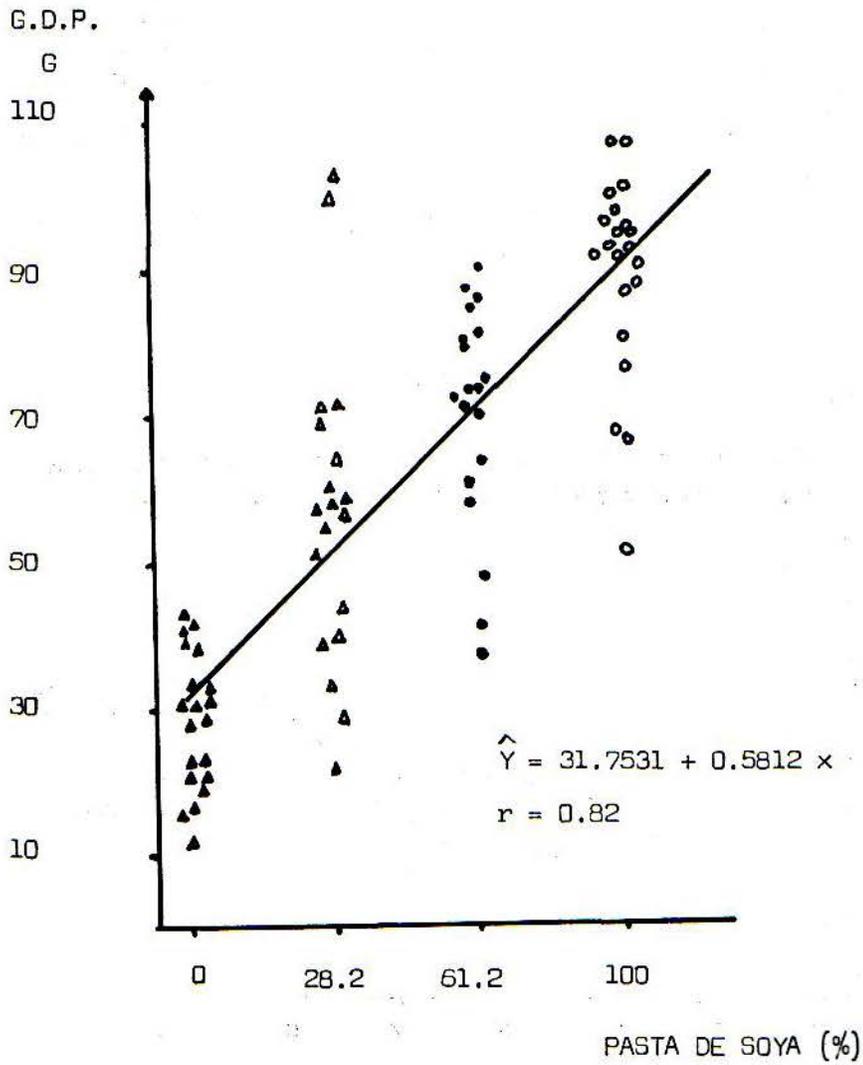
Una situación similar a la anterior informaron Umunna, Klopfenstein y Woods (1975), los cuales observaron una menor retención nitrogenada en borregos alimentados con dietas altas en fibra, suplementadas con urea-isoácidos en comparación con suplementación a base de pasta de soya. La menor retención se explicó por una mayor pérdida de nitrógeno en orina, proveniente del amoníaco liberado en el rumen.

Existen evidencias de la presencia de saponinas en la pulpa fresca de henequén (Novelo, 1981). Dichos esteroides son un agente causal de timpanismo y provocan inhibición sobre los movimientos respiratorios. Ninguno de los dos síntomas clínicos se observó en los animales en experimentación. Posiblemente en una forma subclínica o indirecta, la presencia de estas saponinas expliquen la baja ganancia de peso registrado en estos experimentos.

La reducción del consumo voluntario en las dietas con urea-isoácidos pudo haber sido debida a una baja gustosidad, producida por el olor penetrante de los isoácidos. El menor volumen de materia seca ingerida en los lotes 2, 3 y 4, explica también la menor velocidad de crecimiento encontrada en estos animales.

GRAFICA 3

RELACION ENTRE EL APOORTE DE PASTA DE SOYA Y LA GANANCIA DIARIA DE PESO DEL BORREGO PELIBUEY ALIMENTADO CON PULPA DE HENEQUEN FRESCA.



El planteamiento experimental no permitió detectar estadísticamente el efecto aislado de los isoácidos sobre los parámetros estudiados. Esto fue precisado en el segundo experimento.

Experimento 2. Al tercer mes de investigación, un borrego perteneciente al lote B murió sin haberse podido elucidar las causas. Asimismo, al final del experimento se perdió la información relativa a 2 animales del lote A y 1 del lote C.

Los resultados del aumento de peso y consumo de pulpa fresca se muestran en las Gráficas 4, 5 y en el Cuadro 3.

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) atribuibles al tipo de fuente energética consumida para el peso final y la ganancia diaria de peso, habiendo sido mayores los valores en los lotes que consumieron grano de sorgo molido que en los lotes alimentados con melaza (Cuadro 3). Sin embargo, no se encontró efecto de la

adición de isoácidos sobre los parámetros anteriores.

Al análisis estadístico no se detectó ninguna interacción entre los parámetros estudiados.

El consumo de pulpa fresca fue similar en todos los lotes, no habiéndose encontrado ningún efecto significativo de tratamientos.

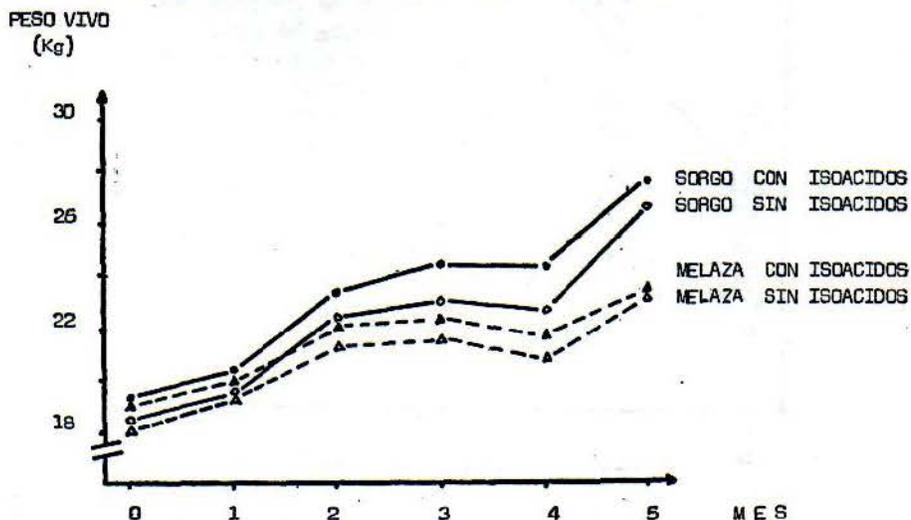
Expresado en gramos de materia seca consumida por kg de peso metabólico ($P^{0.75}$), los resultados encontrados fueron de 99, 94, 99 y 95, para los lotes A, B, C y D, respectivamente. Estos fueron más homogéneos que los encontrados en el experimento 1, sin embargo, continúan siendo más bajos que los sugeridos en la literatura.

Los resultados indican que el empleo de grano de sorgo molido como fuente energética es más recomendable que la utilización de melaza. Esto puede atribuirse a que el sorgo, además de energía contiene aproximadamente 10% de proteína cruda de me-

GRAFICA 4

EXPERIMENTO 2

EVOLUCION DEL PESO CORPORAL DEL BORREGO PELIBUEY ALIMENTADO CON PULPA DE HENEQUEN FRESCA Y 2 FUENTES DIVERSAS DE ENERGIA.



CUADRO 3

Utilización de 2 fuentes energéticas con o sin cadenas carbonadas en raciones a base de pulpa de henequén fresca
Efecto sobre la velocidad de crecimiento y el consumo de MS ($\bar{X} \pm DE$)

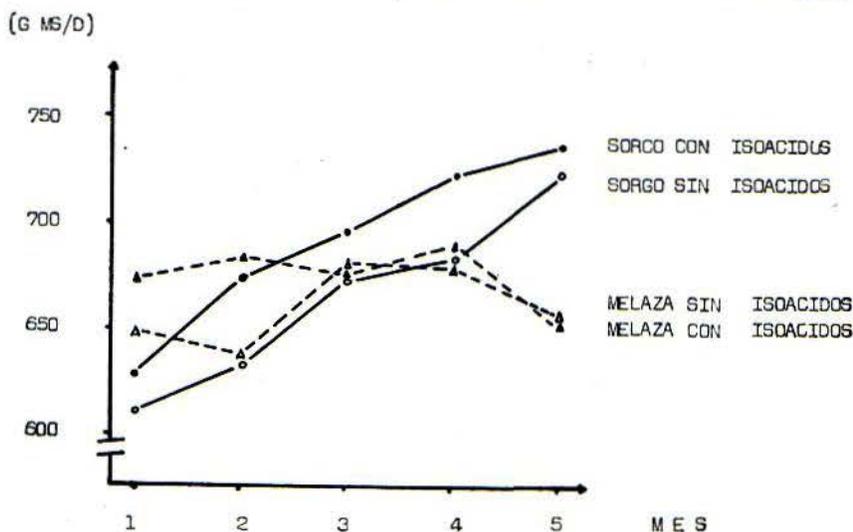
	SUPLEMENTO				EFECTO*		
	Melaza	G. Sorgo	Melaza + Isoácidos	G. Sorgo + Isoácidos	Fuente Energética	Adición Isoácidos	Interacción
Peso inicial (kg)	18.6 ± 1.7	18.5 ± 1.5	19.0 ± 1.9	19.4 ± 2.0	N.S.	N.S.	N.S.
Peso final (kg)	23.2 ± 2.1	26.5 ± 2.5	23.4 ± 2.7	27.5 ± 2.9	**	N.S.	N.S.
Ganancia diaria (g)	33 ± 12	57 ± 19	31 ± 11	58 ± 17	**	N.S.	N.S.
Consumo pulpa (g MS)	660 ± 19	664 ± 43	675 ± 14	692 ± 43	N.S.	N.S.	N.S.

* N.S. = No significativo.

** = P < 0.01.

GRAFICA 5
EXPERIMENTO 2

CONSUMO VOLUNTARIO DE PULPA DE HENEQUEN. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS.



diana solubilidad ruminal que es absorbida preferentemente en intestino delgado, siendo este proceso de gran valor en alimentación de rumiantes (Kempton, Nolan y Leng, 1977).

El arreglo factorial permitió constatar que la adición de isoácidos a la dieta no produjo una mejoría en la ganancia diaria de peso, ni en el consumo de pulpa. Esto viene a ratificar los resultados encontrados en el primer experimento.

A la luz de estos resultados se hace evidente que el primer factor limitante de la utilización de la pulpa de henequén en la alimentación de rumiantes es la disponibilidad de una fuente proteica de buena calidad, la cual va a influir sobre el consumo voluntario de materia seca. Posiblemente la adición de isoácidos permita aprovechar mejor un aporte de nitrógeno no proteico en la dieta, sin embargo, se requiere realizar estudios tendientes a controlar la disponibilidad de los diversos nutrientes en el rumen y regular la composición de la población ruminal.

Agradecimientos

A Asociación Americana de Soya, que por medio del Dr. Francisco Javier Tirado proporcionó el suplemento proteico para el experimento 1. Al Dr. Mario Valencia Zarazúa, por las facilidades otorgadas para la realización del trabajo, y a Eastman Kodak Co., por el donativo de los isoácidos.

Summary

Two experiments were conducted to determine the response of the growing pelibuey sheep fed with fresh sisal pulp (*Agave fourcroydes*) supplemented with various sources of nitrogen, energy with or without isoacids. Elgthy four males were used in each experiment and were distributed in completely randomized design with four treatments; three replications and seven animals per replication. In the first experiment, the diets consisted in a partial and a total substitution of soybean meal by urea,

sugar cane molasses and a mixture of branched-chain volatile fatty acids (isobutyric, isovaleric and 2-methyl-butyric acids). In the second experiment a factorial arrangement 2×2 was used with 2 sources of energy (sorghum grain and sugar cane molasses) with or without isoacids. Both experiments lasted for 161 days. In the first experiment a linear increase in final body weight ($P \leq 0.01$) and in voluntary

dry matter intake of sisal pulp ($P \leq 0.05$) was found as the proportion of soybean meal increased in the diet. In the second experiment the final body weight and daily gain weight were increased ($P \leq 0.01$) due to the utilization of sorghum grain in the diet. No effect was detected in the parameters tested due to the addition of isoacids in the diet.

Literatura citada

- ALLISON, M.J., 1969, Biosynthesis of amino acids by ruminal microorganisms, *J. Anim. Sci.*, 29:797.
- DEHORTY, B.A., H.W. SCOTT and PATRICIA KOWALUK, 1967, Volatile fatty acid requirements of cellulolytic rumen bacteria, *J. Bacteriol.*, 94(3):537-43.
- KEMPTON, T.J., J.V. NOLAN y R.A. LENG, 1977, Nitrógeno no proteico y proteínas desviadas, *Revista Mundial de Zootecnia*, 22:1-9.
- LISON, L., 1968, Statistique Appliquée a la Biologie Experimentale, *Ed. Gauthier Villars-Paris*.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1975, Nutrients requirements of sheep, Fifth revised edition, *National Academy of Sciences, Washington, D.C.*
- NOVELO, R.A., 1981, El henequén como fuente de esteroides, *Primer simposio del agave*, Mérida, Yuc. 25-26 junio.
- OLTJEN, R.R., L.L. SLYTER, E.E. WILLIAMS and D.L. KERN, 1971, Influence of the branched-chain volatile fatty acids and phenylacetate on ruminal microorganisms and nitrogen utilization by steers fed urea or isolated soy protein, *J. Nutr.*, 101:101-12.
- SANGINÉS, G.R., B. CARRASCO, L. MARTÍNEZ, E. SALINAS y A. SHIMADA, 1976, Composición proximal del bagazo de henequén y su uso en la alimentación de borregos, *Téc. Pec. Méx.*, 31:75-78.
- SANGINÉS, G.R. y A. SHIMADA, 1978, Valor nutritivo de los subproductos del henequén (*Agave fourcroydes*) para el borrego tabasco, *Téc. Pec. Méx.*, 34:16-20.
- UMUNNA, N.N., T. KLOPFENSTEIN W. WOODS, 1975, Influence of branched chain volatile fatty acids on nitrogen utilization by lambs fed urea containing high roughage rations, *J. Anim. Sci.*, 40(3):523-29.