Utilización de subproductos y desechos agrícolas en la alimentación de rumiantes. I. Digestibilidad y utilización de rastrojo de maíz, cascarilla de algodón, melazas y harina de torta de algodón en la alimentación de ovinos^{*1/} ———

RICARDO DYSLI, RICARDO BRESSANI**

ABSTRACT

A series of studies were carried out with sheep to determine the effect of the addition of various levels of sugar cane molasses and of protein in the form of cottonseed meal, on the digestibility of cellulose of the dried corn plant. Similar studies were carried out with cottonseed hulls. The addition of 5 and 10 percent sugar cane molasses increased the digestibility of the cellulose of the ground corn plant and also the digestibility of the protein and of the nitrogen free extract of a ration based on cottonseed meal and ground corn plant.

The addition of 10-20 percent sugar cane molasses to a ration based on cottonseed meal and hulls did not significantly change the digestibility of crude fat, protein and cellulose. It was also found that cottonseed meals with a higher solubility of the protein in diluted sodium hydroxide had a higher digestibility of crude protein, cellulose and nitrogen free extract.

Results are also reported on the digestibility of a pellet made from 60 percent cottonseed hulls and 40 percent cottonseed meal. — The authors.

Introducción

EL rastrojo de maíz y la cascarilla de algodón son forrajes toscos que abundan en el área centro-americana. Se conoce como rastrojo de maíz el material que queda en el campo después de cosechada la mazorca, utilizándose para la alimentación de los animales la mitad superior de la planta, que incluye tallo y hojas desecadas al sol. La cascarilla de algodón, que constituye el 23 por ciento de la semilla, es un subproducto del proceso de elaboración a que ésta última se somete para la extracción del aceite. Ambos forrajes

se caracterizan por un alto contenido de fibra cruda —aproximadamente de 30 por ciento— y más o menos 50 por ciento de nutrimentos digeribles totales (10).

Las melazas y la harina de torta de algodón son derivados conocidos de la industria azucarera y de la de aceites, respectivamente. Las primeras son muy usadas, tanto como fuente de energía como para aumentar la aceptabilidad de forrajes toscos, y la harina de torta de algodón, como fuente de proteínas.

La utilización adecuada de estos desechos y subproductos agrícolas en zonas donde hay escasez de pastos naturales, al igual que en la preparación de raciones económicas y nutritivas, sería de grandes beneficios para el desarrollo de la ganadería en nuestros países.

El rumiante, por la disposición de su aparato digestivo, es capaz de utilizar alimentos como el rastrojo y la cascarilla, especialmente la fracción celulosa. Sin embargo, esa capacidad de utilizar la celulosa puede verse afectada por factores tales como la presencia de carbohidratos solubles o de proteínas en la dieta (3, 6, 12).

* Recibido para la publicación el 11 de febrero de 1969.

1/ Estudios financiados por la Oficina Regional para Centro América y Panamá (ROCAP) de la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) de los Estados Unidos de América (Guatemala, C. A.), y de la Fundación W. K. Kellogg, con sede en Battle Creek, Michigan, EE.UU.

** Científico y Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Guatemala, respectivamente.

Cuadro 1.—Composición proximal y contenido de celulosa y solubilidad del Nitrógeno de forrajes y concentrados usados en los experimentos I, II y III. (Expresados en términos de porcentaje).

	Materia seca	Grasa	Fibra cruda	Proteína cruda	Extracto no nitrogenado	Ceniza	Celulosa	En 0.02 N NaOH Nitrógeno soluble
Cascarilla de algodón	88,3	1,6	44,0	7,0	32,7	3,0	42,7	—
Rastrojo de maíz	89,0	1,8	31,7	4,3	41,2	9,9	30,6	—
Harina de torta de algodón "A" - Experimento I	93,0	7,4	14,7	39,2	25,2	6,5	13,8	33,6
Harina de torta de algodón "B" - Experimento I	89,1	4,5	13,6	36,9	28,0	6,1	13,5	43,3
Harina de torta de algodón Experimento II	89,6	4,4	12,5	37,8	34,9	6,3	13,8	—
Melazas	77,5	—	—	2,5	68,6	6,4	—	—
Perdigones de cascarilla y harina de torta de algodón	86,2	2,1	28,7	16,3	29,1	9,0	—	—

El propósito de los experimentos de que aquí se da cuenta fue determinar la digestibilidad del rastrojo de maíz y el efecto, en su utilización, del agregado de una fuente de proteína, harina de torta de algodón, y de varios niveles de carbohidratos, (melazas). Con los mismos objetivos se realizó un estudio similar con la cascarilla de algodón. Se notifican, a la vez, los resultados de una prueba de digestibilidad efectuada con un producto comercial consistente en perdigones de una mezcla de aproximadamente 60 por ciento de cascarilla y 40 por ciento de harina de torta de algodón.

Materiales y métodos

El Cuadro 1 muestra el análisis proximal y el contenido de celulosa de los alimentos usados en el presente estudio. Estos fueron: rastrojo de maíz que se obtuvo de la Finca Experimental del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), situada a una altura de 5.000 pies sobre el nivel del mar; cascarilla de algodón, obtenida de una de las plantas de extracción de aceite que operan en la costa del Pacífico de Guatemala; melazas y harinas de torta de algodón, que se obtuvieron de un distribuidor local de alimentos para animales, y perdigones de cascarilla y harina de torta de algodón, los cuales son fabricados por una firma comercial de El Salvador*.

Experimento I - Rastrojo de Maíz

Este incluyó 8 corderos capones de aproximadamente año y medio de edad, con un peso vivo de 30 kg, los cuales fueron sometidos a los siguientes regímenes alimenticios de acuerdo a un diseño experimental de

cuadrado latino: 1) rastrojo de maíz; 2) rastrojo de maíz más harina de torta de algodón; 3) mezcla (por peso) de 95 por ciento de rastrojo de maíz y 5 por ciento de melazas más harina de torta de algodón, y 4) mezcla (por peso) de 90 por ciento de rastrojo de maíz y 10 por ciento de melazas más harina de torta de algodón.

La harina de torta de algodón se suministró a manera de satisfacer los requisitos de proteína establecidos para corderos de engorde por el Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos de América (NRC) (11). A todos se les ofreció 800 g/día, anotándose el consumo diario, el cual fluctuó entre 80 y 90 por ciento. El forraje (rastrojo y mezclas de rastrojo y melazas) fue suministrado *ad libitum*, pesándose diariamente la cantidad ofrecida y el sobrante para determinar el consumo de los animales.

Los corderos tuvieron libre acceso a sal mineralizada y agua todo el tiempo. El período de adaptación a la dieta fue de 10 días, y el de colección de heces, de 7 días. Estas últimas se recogían diariamente en bolsas de polietileno y luego se secaban en un horno a 60°C (7). Al final de cada período de colección las heces secas eran estabilizadas a la humedad ambiente, se pesaban y luego se molían, tomándose alícuotas representativas.

Experimento II - Cascarilla de Algodón

En este ensayo se usaron 6 corderos capones de aproximadamente 1 año de edad y 24 kg de peso vivo, sometidos a los siguientes tratamientos con el mismo diseño experimental de cuadrado latino: 1) mezcla (por peso) de 90 por ciento de cascarilla de algodón y

* El Dorado, S. A., San Salvador, El Salvador, C. A.

10 por ciento de melazas más harina de torta de algodón; 2) mezcla (por peso) de 85 por ciento de cascarilla y 15 por ciento de melazas más harina de torta de algodón, y 3) mezcla (por peso) de 80 por ciento de cascarilla y 20 por ciento de melazas más harina de torta de algodón. El manejo de los animales y de las muestras fue igual que en el Experimento I.

Experimento III - Perdigones de Cascarilla (60 por ciento) y Harina de Torta de Algodón (40 por ciento)

Se llevó a cabo una prueba estándar de digestibilidad empleando 9 corderos capones de cerca de año y medio de edad y 30 kg de peso vivo, siguiéndose el mismo procedimiento utilizado en los experimentos anteriores.

Análisis químico

Se sometieron a análisis proximal, muestras del alimento ofrecido y las heces colectadas en los tres experimentos, siguiendo para el caso, los métodos de la AOAC (1) y la celulosa se determinó según el procedimiento de Crampton y Maynard (4). En las harinas de torta de algodón se estableció el contenido de nitrógeno soluble en hidróxido de sodio diluido (9). Los resultados fueron sometidos también a un análisis estadístico de variancia.

Resultados

El análisis proximal de los alimentos y la solubilidad del nitrógeno en las harinas de torta de algodón se presenta en el Cuadro 1. Según se observa, las harinas de torta de algodón "A" usadas en los períodos 1, 2 y 3, y la "B" que se utilizó en el período 4 del Experimento I, difieren especialmente en su contenido de

nitrógeno soluble en hidróxido de sodio diluido, siendo éste de 33,6 por ciento para la harina "A", y de 43,6 por ciento para la harina "B". Esta diferencia puede atribuirse a variaciones en los métodos de extracción del aceite, siendo menor la solubilidad del nitrógeno en las harinas que sufren un calentamiento muy alto (9). Como se comenta más adelante, la diferencia en cuanto al grado de solubilidad del nitrógeno afectó notoriamente los resultados obtenidos.

En el Cuadro 2 se dan a conocer datos referentes a la digestibilidad de los nutrimentos en los cuatro tratamientos que incluyó el Experimento I.

En este caso, la digestibilidad de los nutrimentos de rastrojo de maíz, expresada en términos de porcentaje, fue de 6,4, 55,3, 44,4, 50,0 y 51,4 para proteína cruda, fibra cruda, extracto no nitrogenado, grasa y celulosa, respectivamente.

La adición del concentrado proteínico aumentó la digestibilidad de la celulosa del rastrojo de maíz ($P < 0,01$). Asimismo, el agregado de melazas en proporción de 5 y 10 por ciento del forraje, se tradujo en un incremento significativo ($P < 0,01$) de la digestibilidad de la proteína cruda, de 63,6 por ciento para el tratamiento 2, a 66,2 y 66,0 por ciento para los tratamientos 3 y 4, respectivamente. También tuvo como resultado un aumento de significado estadístico ($P < 0,01$) en la digestión del extracto no nitrogenado, esto es, 40,0, 54,9 y 56,3 por ciento para los tratamientos 2, 3 y 4, respectivamente.

El Cuadro 3 muestra la digestibilidad de los nutrimentos, por períodos, observada con los cuatro tratamientos del Experimento I. Como se explicó antes, durante los períodos 1, 2 y 3 se suministró a los animales harina de torta de algodón con 33,6 por ciento de nitrógeno soluble en 0,02 N NaOH, y en el período 4 se les dio una harina con 43,6 por ciento de nitrógeno soluble. El uso de la harina con mayor solubilidad de

Cuadro 2.—Digestibilidad de los nutrimentos contenidos en las raciones empleadas en los tratamientos del Experimento I. (Expresada en términos de porcentaje).

	Grasa	Fibra cruda	Proteína cruda	Extracto no nitrogenado	Celulosa
Tratamiento 1 Rastrojo de maíz	50,0*	55,3	6,4*	44,4*	51,4*
Tratamiento 2 Rastrojo de maíz + harina de torta de algodón	84,0	55,2	63,6**	40,0**	58,2
Tratamiento 3 95% de rastrojo + 5% de melazas + harina de torta de algodón	84,4	58,4	66,2	54,9	57,8
Tratamiento 4 90% de rastrojo + 10% de melazas + harina de torta de algodón	82,4	56,0	66,0	56,3	55,5

* Tratamiento 1, diferente de los tratamientos 2, 3 y 4 ($P < 0,01$).

** Tratamiento 2, diferente de los tratamientos 3 y 4 ($P < 0,01$)

Cuadro 3.—Digestibilidad de los nutrimentos contenidos en las raciones empleadas en los tratamientos, por períodos, del Experimento I. (Expresada en términos de porcentaje).

	Grasa	Fibra cruda	Proteína cruda	Extracto no nitrogenado	Celulosa
Período 1 ^a	74,5	56,3	45,6	48,17	54,6
Período 2 ^a	74,8	53,2	48,9	46,8	52,9
Período 3 ^a	78,0	55,1	51,8	47,1	53,8
Período 4 ^b	78,6	60,3	53,0*	52,7**	61,6**

a Harina de torta de algodón, 33,6% de nitrógeno soluble en 0,02 N NaOH.

b Harina de torta de algodón, 43,6% de nitrógeno soluble en 0,02 N NaOH.

* Significativamente ($P < 0,01$) diferente a los demás períodos.

** Significativamente ($P < 0,05$) diferente a los demás períodos.

nitrógeno indujo un incremento ($P < 0,05$) de la digestibilidad aparente de la proteína cruda, y mayor digestibilidad de la celulosa ($P < 0,01$) y del extracto no nitrogenado ($P < 0,01$).

La digestibilidad de grasa, proteína y celulosa en los tratamientos del Experimento II, se detalla en el Cuadro 4. Aquí, la adición de melazas en niveles de 10, 15 y 20 por ciento a la cascarilla de algodón, no tuvo ningún efecto significativo en la digestibilidad de dichos nutrimentos, observándose únicamente la presencia de catarro intestinal en los animales sometidos al tratamiento 3 (20 por ciento de melazas).

Por último, el Cuadro 5 muestra el análisis proximal y la digestibilidad de nutrimentos de los perdigones de cascarilla y harina de torta de algodón. El total de nutrimentos digeribles de este producto es de 43,15 por ciento, porcentaje que cae dentro de los límites (35-65 por ciento) establecidos para henos y forrajes toscos, secos.

Discusión

El aumento en digestibilidad de la celulosa, observado al agregar harina de torta de algodón al rastrojo de maíz (Experimento I) es explicable, ya que Salsbury y Haenlein (12) y Chalupa y colaboradores (3) han demostrado que la adición de una fuente de nitrógeno a dietas purificadas, sin nitrógeno, o muy pobres en él, mejora apreciablemente la digestión de la celulosa por parte de los microorganismos del rumen, *in vitro*.

La mejora observada en la digestibilidad de la proteína cruda al agregar melazas al forraje, se debe a que, para una utilización más eficiente de los compuestos nitrogenados en el rumen, es necesaria la presencia de carbohidratos solubles (2). Es posible que la mejor utilización del extracto no nitrogenado —resultante de la adición de melazas— esté asociada con la mejora en

Cuadro 4.—Digestibilidad de grasa, proteína cruda y celulosa de las raciones empleadas en los tratamientos del Experimento II. (Expresada en términos de porcentaje).

Tratamiento	Grasa	Proteína cruda	Celulosa
1 — 90% de cascarilla + 10% de melazas + harina de torta de algodón	86,8	57,0	35,6
2 — 85% de cascarilla + 15% de melazas + harina de torta de algodón	90,7	59,6	37,4
3 — 80% de cascarilla + 20% de melazas + harina de torta de algodón	87,3	58,8	33,3

Cuadro 5.—Composición proximal y digestibilidad de los nutrimentos de perdigones de cascarilla y harina de torta de algodón. (Expresada en términos de porcentaje).

	Humedad	Grasa	Fibra cruda	Proteína cruda	Ceniza	Extracto no nitrogenado
Composición	13,8	2,1	28,7	16,3	9,0	29,1
Digestibilidad	—	87,0	44,0	68,0	—	54,0

la utilización del nitrógeno, lo cual implica una mayor actividad microbial en el rumen.

El aumento en la digestibilidad de celulosa que se constató en el período 4 del Experimento I, etapa en la que se usó una harina de mayor solubilidad del nitrógeno, concuerda con los informes en la literatura (3, 5, 8) indicativos de que la disponibilidad de nitrógeno soluble para las bacterias del rumen es importante en la digestión eficiente de la celulosa. La mejora en digestibilidad del extracto no nitrogenado durante el período 4, podría explicarse en términos similares.

La mayor digestibilidad de proteína de la harina más soluble también guarda concordancia con los resultados notificados por varios autores (5, 13, 16).

En el Experimento II, aunque no hubo un efecto estadísticamente significativo en la digestibilidad de nutrimentos, como resultado de la adición de melazas en niveles de 10, 15 y 20 por ciento del forraje, ocurrió un ligero aumento en la digestibilidad, con 15 por ciento de melazas, y se observó también que al agregar 20 por ciento de melazas los corderos desarrollaban catarro intestinal.

La digestibilidad de los perdigones de cascarilla y harina de torta de algodón (Experimento III) reveló un contenido relativamente bajo del total de nutrimentos digeribles. Cabe agregar que el valor energético de este producto puede elevarse aumentando el porcentaje de harina de torta de algodón, con lo cual se mejora también su valor proteínico.

Resumen

Se da cuenta de una serie de experimentos que muestran aumentos en la digestibilidad de la celulosa del rastrojo de maíz, debidos a la adición de un concentrado proteínico (harina de torta de algodón), e incrementos en la digestibilidad de la proteína cruda y del extracto no nitrogenado de una dieta a base de rastrojo y harina de torta de algodón, resultantes del agregado de melazas a razón de 5 y 10 por ciento del forraje. Se notifican también incrementos en la digestibilidad de proteína cruda, celulosa y extracto no nitrogenado, cuando el porcentaje de nitrógeno soluble en hidróxido de sodio diluido de la harina de torta de algodón, es mayor. La adición de melazas (en niveles

de 10, 15 y 20 por ciento, por peso) a una dieta de cascarilla de algodón y harina de torta de algodón no alteró significativamente la digestibilidad de la grasa, proteína cruda y celulosa. Se incluyen, además, datos referentes a la digestibilidad de un producto comercial consistente en perdigones de cascarilla (60 por ciento) y harina de torta de algodón (40 por ciento).

Literatura citada

1. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the A.O.A.C. 9th ed. Washington, D. C., The Association, 1960. 832 p.
2. CHALMERS, M. I. The significance of the digestion of protein within the rumen on the nutrition of the animal. *In* Progress in nutrition and allied sciences, Cuthbertson, D. P. (ed.). London, Oliver and Boyd, 1963.
3. CHALUPA, W., *et al.* Nitrogen source availability and activity of rumen microorganisms. *Journal of Dairy Science*, 46(12):1431-1433. 1963.
4. CRAMPTON, E. W. y MAYNARD, L. A. The relation of cellulose and lignin content to the nutritive value of animal feeds. *Journal of Nutrition*, 15:383-395. 1938.
5. DYSLI, R. R. Effect of heat treatment on the nutritive value of soybeans for sheep and rats. M. S. A. Thesis. Gainesville, University of Florida, 1965.
6. HUNGATE, R. E. The anaerobic mesophilic cellulolytic bacteria. *Bacteriological Reviews*, 14(1):1-49. 1950.
7. LINDAHL, I. L. Methods employed in nutrition research. *In* Animal production research techniques. American Society of Animal Production (ed.). 1959.
8. LITTLE, C. O. *et al.* Nutritional significance of soluble nitrogen in dietary proteins for ruminants. *Journal of Animal Science*, 22(2):358-363. 1963.
9. LYMAN, C. M., *et al.* Evaluation of protein quality in cottonseed meals by chick growth and by a chemical index method. *Journal of Nutrition*, 49(4):679-690. 1953.
10. MORRISON, F. B. Feeds and Feeding. 22nd. ed. Clinton, Iowa, The Morrison Publishing Co. 1959.

11. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Recommended nutrient allowances for domestic animals. Number V. Recommended nutrient allowances for sheep. N.R.C. Washington, D. C. 1949.
12. SALSURY, R. L. y HAENLEIN, G. F. W. Influence of nitrogen source on cellulose digestion *in vitro*. Journal of Animal Science, 22(3):846. 1963. (Abstract).
13. SHERROD, L. B. y TILLMAN, A. D. Effects of varying the processing temperatures upon the nutritive value for sheep of solvent-extracted soybean and cottonseed meals. Journal of Animal Science, 21(4):901-910. 1962.
14. SHERROD, L. B. y TILLMAN, A. D. Further studies on the effects of different processing temperatures on the utilization of solvent-extracted cottonseed protein by sheep. Journal of Animal Science, 23(2):510-516. 1964.
15. TILLMAN, A. D. y KRUSE, K. Effect of gossypol and heat on the digestibility and utilization of soybean protein by sheep. Journal of Animal Science, 21(2):290-292. 1962.
16. WOODS, W. R., *et al.* Further studies on the nutritive value of cottonseed meals for ruminants. Journal of Animal Science, 21(2):284-289. 1962.