

Efecto del calor y humedad en la degradabilidad ruminal *in situ* de la semilla de algodón

A. Estrada¹, O. La O², J.J. Portillo¹, Rafael S. Herrera², Beatriz I. Castro³ y F.G. Ríos¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa, México

²Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

³Instituto de Investigación en Ciencias Veterinarias (UABC), Mexicali, Baja California 21100, México
Correo electrónico: rherera@ica.co.cu

Para determinar la degradabilidad de la MS y materia orgánica de la harina de semilla de algodón tratada con calor y humedad, se realizó un experimento *in situ* en rumen. Se utilizaron cuatro ovinos adultos machos, canulados en rumen. Las muestras se incubaron durante 3, 6, 9, 12, 24, 48, y 72 h en posición ventral del rumen. Los valores de degradabilidad potencial (a+b) variaron desde 56.4 hasta 57.5 y desde 86.59 hasta 81.00 % para MS y PB de semilla normal y tratada, respectivamente. Sin embargo, la fracción c, para la MS como para la PB, tuvo un comportamiento mayor en la semilla normal, con respecto a la tratada con calor y humedad. La dinámica de degradación ruminal evidenció tendencia creciente, desde el primero hasta el último horario de incubación, con diferencias ($P < 0.01$) en las semillas tratadas y sin tratar. La composición química tuvo concentraciones adecuadas para este alimento, con valores de hasta 23.12 y 22.94 %, para PB en harina sin tratar y tratada, respectivamente. Se concluye que al humedecer la semilla hay menor disponibilidad de PB y MS para los animales rumiantes. Además, se cuenta con una opción eficiente y fácil de utilizar en la alimentación animal, con aporte importante de proteínas de sobrepaso para los diferentes sistemas de alimentación. Se recomienda realizar estudios de metabolismo e indicadores productivos que avalen estos resultados.

Palabras clave: *semilla de algodón, degradabilidad, MS y proteína*

En el noroeste de México, en particular en el estado de Sinaloa, se producen aproximadamente 45,760 t de semilla de algodón por año (Rodríguez y Carnero 1991 y INEGI 1997). Es común que la estación de lluvias coincida con la época de cosecha del algodón, lo que propicia que una cantidad considerable de la semilla cosechada se moje y provoque el crecimiento microbiano, caracterizado por la generación de calor (Waddle y Colwick 1962) y los daños al producto, observados por el cambio de color, de blanco a café, en la fibra del grano.

Debido a la pérdida de su valor comercial, la semilla de algodón se ofrece para el consumo animal, principalmente para rumiantes. Sin embargo, por el escaso conocimiento de sus propiedades nutricionales, su inclusión en las dietas es limitada. Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar la degradabilidad ruminal *in situ* de la MS y la PB de la harina de semilla de algodón, normal y tratada con calor y humedad.

Materiales y Métodos

Localización. El experimento se realizó en la Unidad Metabólica para Pequeños Rumiantes y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos y de Investigación en Nutrición y Producción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México.

Animales experimentales. Se utilizaron cuatro ovinos Pelibuey machos, de 34 ± 0.5 kg de peso promedio, con cánula ruminal permanente de PVC y 5 cm de diámetro interno. Los animales se adaptaron

durante 14 d al manejo experimental y a consumir una dieta alta en granos, con harina de semilla de algodón normal y semilla de algodón dañada por calor y humedad. Los animales experimentales se alojaron en corraletas individuales (1.5 x 2.0 m), con comederos y bebederos de llenado manual. Al tercer día de iniciada la fase de adaptación, los animales se desparasitaron interna y externamente (Closantel® y Clorfenvifos®) y se les suministraron vitaminas A, D y E en presentación acuosa y por vía intramuscular.

Las semillas de algodón se acumularon y humedecieron con agua para realizar las mediciones de temperatura durante siete días, por la mañana (8:00 A.M.) y por la tarde (5:00 P.M.). Después se recogieron y expusieron al sol en capas delgadas hasta que se secaran totalmente para su almacenamiento en laboratorio.

Durante la etapa experimental, los animales consumieron la dieta descrita en la tabla 1. El alimento se ofreció en dos porciones iguales en el día (8:00 a.m. y 8:00 p.m.), restringido al 3 % del peso vivo inicial de los ovinos sobre base seca. Esta cantidad permitió cubrir y exceder los requerimientos de mantenimiento (NRC 1985).

Preparación de muestras e incubación en rumen. Las muestras de semilla de algodón tratada (SAD) y sin tratar (SAN) se molieron en un molino de martillo, con criba de 2 mm (Vanzant *et al.* 1998). Posteriormente, se pasaron a través de una malla de 0.5 mm para lograr muestras más uniformes (Llamas y Tejada 1990). Las partículas que no traspasaron la malla se desecharon para el proceso de incubación.

Tabla 1. Composición de la dieta

| Ingredientes | Valor, % |
|---|----------|
| Semilla de algodón tratada | 10.0 |
| Semilla de algodón normal | 10.0 |
| Sorgo molido | 47.0 |
| Pasta de canola | 10.0 |
| Heno de Sudán | 12.0 |
| Melaza de caña | 8.0 |
| Urea | 0.9 |
| Piedra caliza | 1.2 |
| Ganamin ^{MRa} | 0.9 |
| Análisis calculado (base seca) ^b | |
| Energía digestible, Mcal/kg | 3.5 |
| Proteína cruda, % | 14.9 |

^aGanamin 2.5 ®, contiene: I2 0.006%, Se 0.003%, Co 0.001%, Zn 0.63%, Mn 0.63%, Fe 0.25%, Cu 0.05%, Sal de mar 37.5%.

^bCalculado a partir de NRC (1985)

Muestras de 5 g de SAD y de SAN (5 g en base húmeda, 4.45 g en base seca) se colocaron en dos grupos de 96 bolsas de dacrón, de 12 x 18 cm, previamente identificadas. De estas, se llenaron 48 con muestras de SAD, y 48 con SAN. Se formaron aleatoriamente 32 grupos, de seis bolsas cada uno (tres con SAD y tres con SAN), atadas con un cordel de nailon en forma de rosario, con un lastre de 40 g al extremo inferior y 30 cm de hilo para atar a la tapa de la cánula. Las bolsas se ubicaron en la zona ventral del rumen. Cada uno de estos grupos de bolsas se destinó aleatoriamente a cada tiempo de incubación en el rumen (3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 h). Una vez retiradas, se lavaron con agua corriente hasta que esta saliera clara (Orskov *et al.* 1980). Se secaron en estufa de aire forzado, a 70 °C durante 72 h. Posteriormente se pesaron en balanza analítica.

Determinaciones de laboratorio y degradación ruminal. Después de secadas y pesadas independientemente se conformaron tres bolsas con SAN y SAD, las que constituyeron una observación. El contenido de las tres bolsas del mismo ingrediente formó una muestra compuesta, la que se preparó para determinar MS y PB, de acuerdo con AOAC (1995). Con los valores que se obtuvieron se calculó la degradación ruminal de la MS y PB de SAN y SAD, según la fórmula propuesta por Schneider y Flatt (1975):

Degradación ruminal(%) = (nutriente de muestra (g) - nutriente del residuo (g) / nutriente de muestra (g)) x 100.

Análisis estadístico. Los resultados de la solubilidad de la MS y la PB de SAN y SAD, obtenidos en el laboratorio (inmersión de las bolsas con muestra en agua destilada a 39 °C durante 5 min.), se analizaron mediante un diseño completamente al azar, de acuerdo con el modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

donde:

Y_{ij} es la variable de respuesta,

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 3, 2011.

μ el promedio general,

T_i el efecto de tratamiento y

E_{ij} el error experimental (Steel y Torrie 1988)

A los resultados de la degradación ruminal de la MS y la proteína cruda de SAN y SAD, en cada uno de los siete tiempos de incubación en el rumen de ovino, se les aplicó un análisis de varianza para un diseño de bloques completamente al azar. Se consideró cada ovino como un bloque, con el modelo:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij};$$

donde:

Y es la variable de respuesta,

μ el promedio general,

B_i el efecto de bloque,

T_j el efecto de tratamiento y

E_{ij} el error experimental (Martínez 1988).

En ambos casos se utilizó un nivel máximo para α de 0.05, con la finalidad de aceptar diferencias entre tratamientos.

Con los resultados se estableció la correlación entre degradación del nutriente (y) y tiempo de incubación (x). Se obtuvo una ecuación exponencial de predicción de la degradación en función del tiempo: $P = a + b(1 - e^{-ct})$, con el objetivo de calcular la fracción soluble (a), fracción degradada, cuando se tiene suficiente tiempo en rumen (b), y tasa constante de degradación (c) de la fracción b por tiempo de incubación (t), para la MS y la proteína cruda de la semilla de algodón normal y semilla de algodón tratada, de acuerdo con el procedimiento de Orskov *et al.* (1980) y Orskov (1988) mediante el procedimiento NLIN del programa SAS (SAS 1988).

La proteína efectiva degradada en rumen se determinó al aplicar el criterio de que el porcentaje de proteína degradado está representado por una curva asintótica, definida por la expresión:

$$P = a + (bc) / (c + k)$$

donde:

a, b y c son los valores obtenidos por la ecuación exponencial de degradación ruminal.

k es la tasa de pasaje de las partículas proteicas saliendo del rumen.

Se utilizó un valor de $k = 0.05$ (Orskov 1988).

Resultados y Discusión

La adición de agua y la generación de temperatura en la semilla de algodón (tabla 2) propició que al inicio del estudio (día 1) la temperatura de la semilla fuera de 35 °C, y que aumentara diariamente en 7.7 °C como promedio ($R^2 = 0.99$, $P < 0.01$) durante los primeros cinco días de control aunque se logró la estabilización ($P > 0.10$) en 66.2 °C, entre los días cinco y siete. La lectura de las temperaturas fue mayor en 3.54 °C ($P < 0.01$) por la tarde (5:00 pm) con respecto a la mañana (8:00 am). Esto se atribuyó al intercambio de calor entre las capas de semilla y el aire circundante durante las horas de la noche.

El incremento de la temperatura de la semilla, desde antes de ser mojada (35 °C) hasta la máxima temperatura de 67 °C, que se alcanzó el quinto día durante la tarde,

Tabla 2. Temperaturas (°C) de la semilla de algodón, tratada con calor y humedad en diferentes períodos

| Días | Temperaturas ^{a,b,c} | |
|------|-------------------------------|---------|
| | 8:00 am | 5:00 pm |
| 1 | 34 | 36 |
| 2 | 40 | 45 |
| 3 | 50 | 53 |
| 4 | 55 | 60 |
| 5 | 65 | 67 |
| 6 | 65 | 68 |
| 7 | 65 | 67 |

^aIndica diferencia en temperaturas am vs. pm (P < 0.01)

^bIndica diferencia en temperaturas de los días 5, 6, 7 vs. día 4 (P < 0.05)

^cIndica diferencias en temperaturas de los días 5, 6 y 7 vs. anteriores (P < 0.05).

se relaciona con el crecimiento microbiano. Al respecto, Waddle y Colwicck (1962) plantean que los ingredientes que contienen más de 14 % de humedad son susceptibles al ataque microbiano y como consecuencia ocurre desprendimiento de calor. Otros autores (Calderón *et al.* 2005 y Becerra *et al.* 2008) refieren también fermentaciones espontáneas de algunas fuentes, con contenidos de agua similares a los presentes en este producto vegetal.

La composición química de la semilla de algodón, normal y tratada con humedad y calor (tabla 3), no se

alteró sustancialmente por el procesamiento. Este aspecto coincide con las observaciones de Tagari *et al.* (1986), Winterholler *et al.* (2008) y Winterholler *et al.* (2009), en cuanto a no observar cambios en la composición química de la semilla de algodón al someterla a temperaturas de hasta 180 °C en autoclave y a diferentes tiempos de calentamiento.

Arieli *et al.* (1989) informaron disminución de 26 % de la degradabilidad de la MS de la semilla de algodón en las primeras nueve horas de incubación, debido al calentamiento (180 °C) a que se sometieron durante una hora. Para provocar menor degradación, entre 24 y 48 h, estos autores sugieren calentar las semillas a más de 160 °C durante dos horas.

En la tabla 5 se muestran los parámetros de la cinética de degradación de la MS. La semilla tratada mostró menor (P < 0.01) solubilidad que la no tratada (33 %), con valores promedio de degradación de 9 vs 6 %/h, respectivamente. Sin embargo, la porción de MS no degradable fue prácticamente similar para ambas semillas (43.6 vs 42.5%) y pudiera estar determinada por el tiempo de permanencia en el rumen.

La figura 1 presenta el comportamiento de la cinética de degradación de la MS de la semilla sin tratar ($Y = 21.3 + 35.102(1 - e^{-0.09x})$) y de la tratada ($Y = 15.13 + 42.375(1 - e^{-0.06x})$). Hasta las 40 h aproximadamente, la semilla no tratada mostró valores ligeramente superiores de degradabilidad con respecto a la tratada, pero a partir de las 46 h fueron similares.

Tabla 3. Composición química (base seca) de la semilla de algodón normal, tratada con calor y humedad

| Indicador, % | Semilla de algodón normal | Semilla de algodón tratada |
|------------------|---------------------------|----------------------------|
| PB | 23.12 | 22.94 |
| Fibra cruda | 32.69 | 31.28 |
| Cenizas | 4.41 | 4.74 |
| Extracto etéreo | 15.57 | 17.16 |
| E.L.N. | 24.21 | 23.88 |
| Materia orgánica | 95.59 | 95.26 |

Tabla 4. Degradación de la MS de la semilla de algodón normal y tratada

| Tiempo, h | SAM | EEM | SAD | EEM | P |
|-----------|------|------|------|------|-------|
| 0 | 17.6 | 0.60 | 11.8 | 0.55 | <0.01 |
| 3 | 31.8 | 2.26 | 23.6 | 2.96 | <0.01 |
| 6 | 40.4 | 1.50 | 30.1 | 2.29 | <0.01 |
| 9 | 39.8 | 1.01 | 34.6 | 1.78 | <0.05 |
| 12 | 44.3 | 1.42 | 36.4 | 1.10 | <0.01 |
| 24 | 45.3 | 1.56 | 43.6 | 3.77 | >0.10 |
| 48 | 52.9 | 1.80 | 51.8 | 1.82 | >0.10 |
| 72 | 62.8 | 1.35 | 60.6 | 1.32 | <0.01 |

SAN = Semilla de algodón normal, EEM = Error estándar de la media, SAD = Semilla de algodón dañada, P = Probabilidad

Tabla 5. Parámetros de la cinética de degradación ruminal de MS de semilla de algodón

| Parámetro | Semilla de algodón normal | Semilla de algodón tratada |
|---|---------------------------|----------------------------|
| Fracción soluble(a) | 21.30 | 15.13 |
| Fracción degradada en rumen (b) | 35.10 | 42.38 |
| Fracción no degradable en rumen 100%-(a + b) | 43.60 | 42.50 |
| Tasa constante de degradación de b (c) | 0.09 | 0.06 |
| Coefficiente de determinación (r ²) | 0.85 | 0.91 |

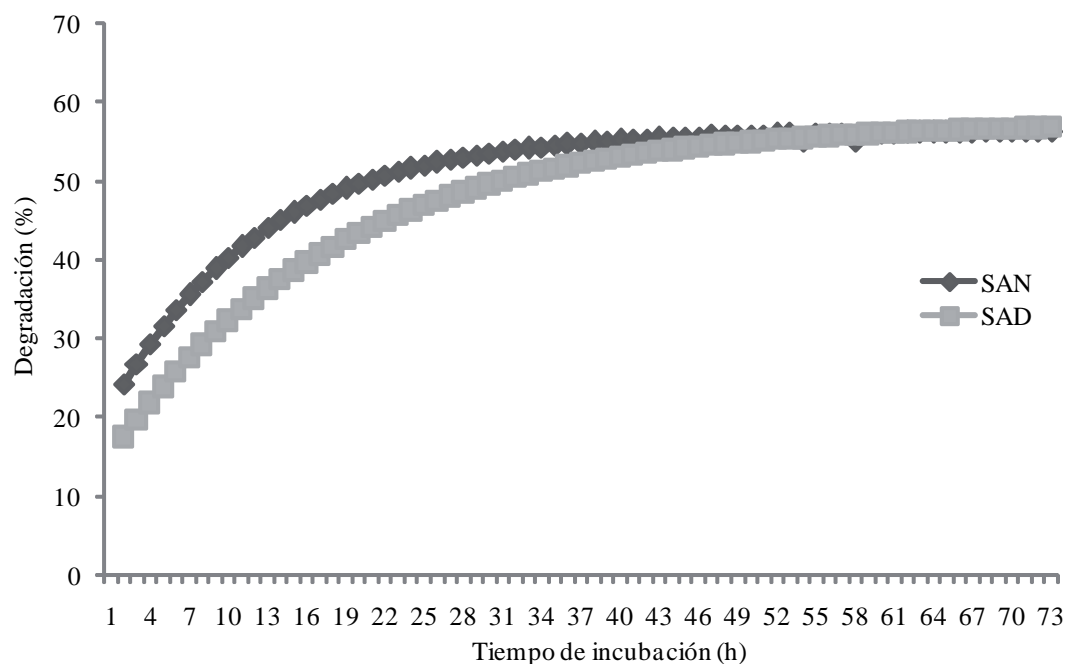


Figura 1. Degradación ruminal de la MS de semilla de algodón normal (SAN) y tratada (SAD) con calor y humedad

Para el tiempo cero, la degradabilidad de la PB de la semilla tratada disminuyó en ($P < 0.05$) con relación a la semilla sin tratar (40.0 vs 31.0%). A las tres horas, la PB de la semilla de algodón tratada se degradó 21 % menos ($P < 0.05$) que la sin tratar. A las 12 h, la menor degradación ($P < 0.01$) se obtuvo para la semilla tratada (85.4 vs 74.8%). A partir de este tiempo, la menor degradabilidad de la PB siempre se registró en la semilla tratada (tabla 6).

Los valores de degradación ruminal de la PB, desde las tres horas de incubación hasta las 72 h, mostraron que la diferencia entre ambos tipos de semilla disminuyó gradualmente, según avanzó el tiempo de incubación en rumen, desde 21 % hasta 5.26 %. Los valores más altos ($P < 0.05$) fueron siempre para la semilla sin tratar.

La degradación ruminal obtenida en este experimento para la PB de la semilla de algodón

Tabla 6. Degradación *in situ* de la PB de semilla de algodón

| Tiempo, h | Semilla de algodón sin tratar | EEM | Semilla de algodón tratada | EEM | P |
|-----------|-------------------------------|------|----------------------------|------|-------|
| 0 | 40.0 | 2.05 | 31.0 | 2.39 | <0.05 |
| 3 | 64.3 | 4.32 | 50.8 | 1.72 | <0.05 |
| 6 | 80.2 | 3.67 | 67.5 | 5.00 | <0.01 |
| 9 | 83.4 | 1.13 | 70.8 | 0.92 | <0.01 |
| 12 | 85.4 | 1.32 | 74.8 | 2.16 | <0.01 |
| 24 | 83.1 | 1.90 | 76.7 | 2.79 | <0.01 |
| 48 | 85.6 | 1.32 | 81.0 | 1.70 | <0.05 |
| 72 | 89.3 | 0.34 | 84.6 | 0.42 | <0.01 |

SAN = Semilla de algodón normal, EEM = Error estándar de la media, SAD = Semilla de algodón tratada, P = Probabilidad

sin tratar, a las 9 y 12 h de incubación (83.4 y 85.4 % respectivamente), fue similar a lo publicado por Pena *et al.* (1986) y Arieli *et al.* (1989). Estos autores encontraron valores de 82.7 y 84.7 % con la semilla sin tratamiento a las 9 y 12 h de incubación, respectivamente. Por tanto, los resultados obtenidos para la semilla sin tratamiento se pudieran aplicar para la alimentación animal.

Arieli *et al.* (1989) informaron la disminución en la degradación ruminal de la PB de la semilla de algodón por efecto del calentamiento. Estos autores encontraron mayor degradación de la PB (39 %) (65.6 vs 40.1%) para la semilla sin tratamiento, con respecto a la sometida a 160 °C durante una hora, una vez transcurridas tres horas de incubación en el rumen de vacas Holstein. También a las 24 h encontraron 3.0 % de disminución, al calentar semilla de algodón a 160 °C durante una hora (88.0 vs 85.4 % para semilla sin calentamiento y sometida a calor, respectivamente). Fue necesario elevar la temperatura a 180 °C durante una hora para encontrar disminución de 17.5 % en el mismo período de incubación en rumen (88.0 vs 72.6%). Sin embargo, a las 48 h de incubación informaon disminución de 5.0 % en la degradación de la PB de la semilla de algodón (89.7 vs 85.3 %) como resultado de calentar la semilla a 180 °C durante una hora. Otros investigadores (Pena *et al.* 1986) calentaron semilla de algodón a 304 °C durante tres minutos, y encontraron disminución en la degradación ruminal de 23.0 % en la PB, con respecto a la semilla control sin calentamiento (65.3 vs 84.7 %, respectivamente).

Con el aumento del período de incubación hasta las 72 h, los resultados encontrados en la PB de la semilla tratada mostraron disminución en la diferencia de su degradación en rumen, con respecto a la semilla sin tratar. Este aspecto concuerda con lo informado por otros autores (Pena *et al.* 1986, Arieli *et al.* 1989, Velásquez *et al.* 2002, Sullivan *et al.* 2004 y Poore *et al.* 2006) al trabajar con semillas de algodón sometidas a diferentes temperaturas e incubadas en el rumen de vacas Holstein a las 3, 12, 24 y 48 h. En estas condiciones, mostraron igualmente disminución en las diferencias entre semillas que no se calentaron y las que se sometieron al calentamiento,

a temperaturas de hasta 180 °C durante una hora, con aumento del período de incubación en rumen.

Hubo menor solubilidad ($P < 0.05$) de la semilla de algodón tratada por calor (tabla 7) y también presentó menor velocidad de degradación con respecto a la semilla no tratada (28 %/h vs 19 %/h), así como mayor cantidad de proteína insoluble y no degradable (13.5 vs 19.0 %), elemento importante para lograr proteínas de sobrepaso en los rumiantes (Cranston *et al.* 2006).

La proteína de la semilla de algodón sin tratar efectivamente degradada en rumen se calculó en 79.4 %, mientras que en la semilla de algodón tratada con calor la proteína efectivamente degradada en rumen fue de 70.6 %. Esto indica que, en aproximadamente seis horas, la PB de la semilla sin tratar se degradó, y que la tratada requirió para ser degradada 50 % más de tiempo de permanencia en rumen (nueve horas). Estos resultados implican que, probablemente, la mayor velocidad de degradación y menor tiempo de retención en rumen puedan estimular el consumo. También la cantidad de proteína no degradable en rumen que alcanza el intestino es mayor 42.7 % en la semilla sin tratar con respecto a la tratada (20.6 % vs 29.4 %). Esto se considera como un atributo deseable en las fuentes proteicas para rumiantes en crecimiento (Zinn y Plascencia 1992, Zinn y Owens 1993 y Zinn 1995), a condición de que esta proteína sea digerida adecuadamente en el tracto posterior.

La figura 2 presenta el comportamiento de la cinética de degradación de la PB de la semilla sin tratar ($Y = 39.53 + 46.96(1 - e^{-0.28x})$) y para la semilla tratada ($Y = 30.86 + 50.14(1 - e^{-0.19x})$). A partir de las 22 h, ambas curvas se hacen asintóticas con el eje de las x lo que sugiere indica que aunque se incrementa el tiempo, el valor de la degradabilidad permanece constante. Esta respuesta merece ser estudiada en investigaciones futuras.

Se concluye que al humedecer la semilla de algodón existe menor disponibilidad de PB y MS para los animales rumiantes. Se cuenta además, con una opción eficiente y fácil de utilizar en la alimentación de rumiantes con aporte de proteínas de sobrepaso. Se recomienda realizar estudios de metabolismo e indicadores productivos que avalen estos resultados.

Tabla 7. Parámetros de la cinética de degradación ruminal de la PB de semilla de algodón

| Indicador | Semilla de algodón sin tratar | Semilla de algodón tratada |
|---|----------------------------------|-------------------------------|
| Fracción soluble(a) | 39.53 | 30.86 |
| Fracción degradada en rumen (b) | 46.96 | 50.14 |
| Fracción no degradable en rumen, 100% - (a + b) | 13.50 | 19.00 |
| Tasa constante de degradación de b(c) | 0.28 | 0.19 |
| Coefficiente de determinación (R ²) | 0.92 | 0.92 |

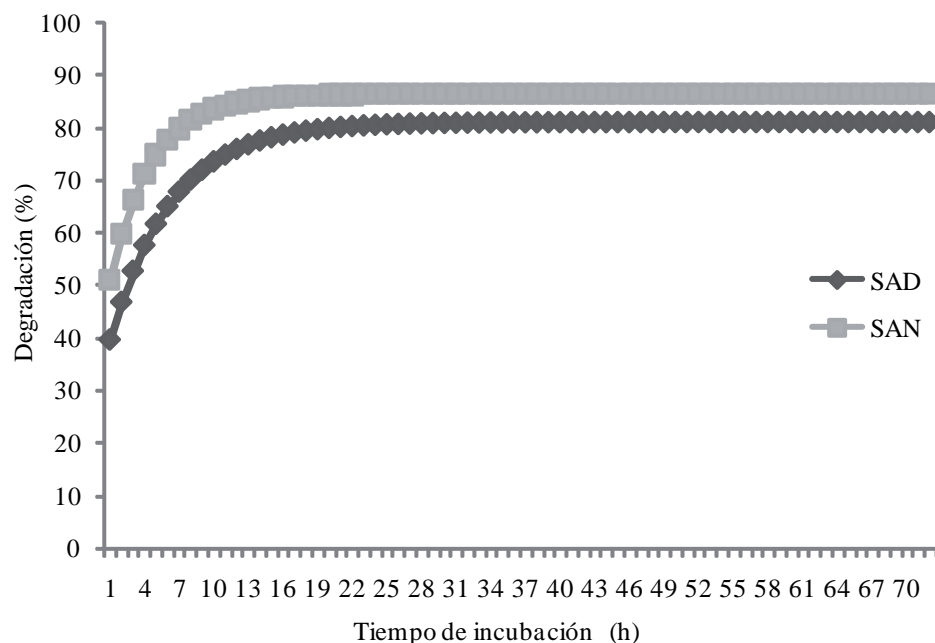


Figura 2. Degradación ruminal estimada de la PB de semilla de algodón sin tratar (SAN) y tratada (SAD)

Referencias

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis (16th Ed.). Ass. Off. Anal. Chem. Washington, D.C.
- Arieli, A., Ben -Moche, A., Samwel, S. & Tagari, H. 1989. *In situ* evaluation of the ruminal and intestinal digestibility of heat-treated whole cottonseeds. *J. Dairy Sci.* 72:1228
- Becerra A., Rodríguez C., Jiménez J., Ruiz O., Elías A. & Ramírez, A. 2008. Urea y maíz en la fermentación aeróbica de bagazo de manzana para la producción de proteína. *Tecnociencia Chihuahua* 2:7
- Calderón, J.O., Elías, A. & Valdivié, M. 2005. Dinámica de la Fermentación en Estado Sólido de las Camas de Cascarilla de Café en Inicio de Ponedoras Inoculadas con Vitafert. En: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050505/050521.pdf>. Consultado: 18 de noviembre de 2009
- Cranston, J. J., Rivera, J. D., Galyean, M. L., Brashears, M. M., Brooks, J. C. & Markham, C. E. 2006. Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 84:2186
- INEGI. 1997. Anuario estadístico del estado de Sinaloa. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México
- Llamas, L.G. & Tejada, C. 1990. Manual de técnicas de investigación en rumiología. Capítulo I. Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México. Eds. A. Castellanos, G. Llamas, A.S. Shimada. D.F. México
- Martínez, G.A. 1988. Diseños experimentales: métodos y elementos de teoría. Ed. Trillas. D. F. México
- NRC 1985. Nutrient Requirements of Sheep. 6th Ed. National Academy Press. Washington, D. C. USA.
- Orskov, E. R. 1988. Nutrición proteica de los rumiantes. 1a Ed. Ed. Acribia. Zaragoza, España
- Orskov, E. R., Hovell, B. D. & Moul, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de Nylon para la evaluación de los alimentos. *Prod. Anim. Trop.* 5:213
- Pena, F., Tagari, H. & Satter, D. L. 1986. The effect of heat treatment of whole cottonseed on site and extent of protein digestion in dairy cows. *J. Anim. Sci.* 62:1323
- Poore, M. H., Scott, M. E. & Green, J.T. 2006. Performance of beef heifers grazing stockpiled fescue as influenced by supplemental whole cottonseed. *J Anim Sci.* 84:1613
- Rodríguez, D. & Carnero, J. M. 1991. El algodón. Ed. Mundi-Prensa. 1ra Ed. Madrid, España
- SAS. 1988. User's Guide. SAS Institute Inc. Box 8000. Cary North Carolina 27511-8000. Version 6.04
- Schneider, B.H. & Flatt, W. P. 1975. The evaluation of feeds through digestibility experiments. 1ra Ed. The University of Georgia Press, Athens. USA
- Steel, R.G. & Torrie, J. H. 1988. Bioestadística, Principios y Procedimientos. 2da Ed. Ed. McGraw Hill. D.F. México
- Sullivan, H.M., Bernard, J.K., Amos, H.E. & Jenkins, T. C. 2004. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. *J. Dairy Sci.* 85:665
- Tagari, H., Pena, F. & Satter, D. 1986. Protein degradation by rumen microbes of heat-treated whole cottonseed. *J. Anim. Sci.* 62:1732
- Vanzant, E.S., Cochran, R.C. & Titgemeyer, E.C. 1998. Standardization of *in situ* techniques for ruminant feedstuff evaluation. *J. Anim. Sci.* 76: 2717
- Velásquez, J., Aréchiga, C. F., McDowell, L.R., Hansen, P. J., Chenoweth, P.J., Calhoun, M.C., Risco, C.A., Batra, T. R., Williams, S.N. & Wilkinson, N.S. 2002. Effects of gossypol from cottonseed meal and dietary vitamin E on the reproductive characteristics of superovulated beef heifers. *J. Anim Sci.* 80:2485
- Waddle, B. M. & Colwick, R.F. 1962. La producción de semilla de algodón y otras especies productoras de fibras. En: Semillas. Ed. Compañía Editorial Continental S.A. 1ra Ed. D.F. México
- Winterholler, S. J., Dye, T. K., McMurphy, C. P., Richards, C. J. & Lalman, D. L. 2008. *In situ* degradation characteristics of extruded-expelled cottonseed meal-based supplements.

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 3, 2011.

J. Anim. Sci. 86:533

Winterholler, S. J., Lalman, D. L., Hudson, M. D. & Goad, C. L. 2009. Supplemental energy and extruded-expelled cottonseed meal as a supplemental protein source for beef cows consuming low-quality forage. J. Anim. Sci. 87:3003

Zinn, R. A. 1995. Characteristics of digestion of linted and lint-free cottonseed in diets for feedlot cattle. J. Anim. Sci. 73:1246

Zinn, R. A. & Owens, F. N. 1993. Ruminant escape protein for lightweight feedlot calves. J. Anim. Sci. 71:1677

Zinn, R. A., & Plascencia, A. 1992. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. J. Anim. Sci. 71:11

Recibido: 9 de agosto de 2010