

En el presente trabajo se trata de ofrecer un conjunto de información tanto básica como aplicada sobre los aspectos más importantes relacionados con la utilización de torta o harina de algodón en alimentación de cerdos. En la primera parte se discuten algunos aspectos generales sobre el valor nutritivo y análisis químico de los diferentes tipos de torta de algodón disponibles en América Latina. En la parte complementaria se analizan en forma resumida los resultados de evaluaciones nutritivas durante las distintas fases de producción en cerdos, presentando alternativas con raciones a base de torta de algodón como fuente proteínica para cerdos en crecimiento, acabado, gestación y lactancia.

Este compendio se ofreció como material de referencia a porcicultores localizados en zonas donde haya disponibilidad de torta de algodón para remplazar total o parcialmente otras fuentes de proteína. También va dirigido a especialistas en producción porcina, al exponer los resultados de trabajos recientes no publicados que ofrecen una visión integral y breve sobre la situación actual de la investigación con torta de algodón en nutrición porcina.

La mayor parte de la información presentada se basa en los resultados de experimentos realizados mediante proyectos de cooperación entre el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Se agradece la colaboración en algunos de estos trabajos a los Dres. Roberto Portela, Jorge T. Gallo, Arthur Owen, Guillermo Gómez y Albert Clawson.

CONTENIDO

| | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| INTRODUCCION | 5 |
| VALOR NUTRITIVO Y COMPOSICION QUIMICA | 6 |
| Proteína | 8 |
| Grasa | 8 |
| Valores energéticos | 11 |
| Gosípol | 11 |
| UTILIZACION DE LA TORTA DE ALGODON EN ALIMENTACION DE CERDOS | 12 |
| CERDOS EN CRECIMIENTO Y ACABADO | 13 |
| Raciones con alto contenido de torta de algodón | 13 |
| Suplementación de la torta de algodón para mejorar la calidad nutritiva | 15 |
| Suplementación de la torta de algodón para contra- rrestar los efectos tóxicos del gosípol | 16 |
| HEMBRAS EN REPRODUCCION | 24 |
| RESUMEN Y CONCLUSIONES | 30 |
| REFERENCIAS | 33 |

Los autores de esta publicación son:

Julián Buitrago A.
Ph.D., Programa de Porcinos, CIAT

Iván Jiménez P.
MS, Programa de Porcinos, ICA

Héctor Obando
MVZ, Programa de Porcinos, ICA

Jerome H. Maner
Ph.D., Coordinador del Programa de Sistemas de Producción Porcina,
CIAT, cuando se escribió esta publicación. Actualmente en la
Universidade Federal da Bahia, Salvador, B.A. Brasil.

Alberto Moncada
MS, Programa de Porcinos, ICA.

UTILIZACION DE TORTA (HARINA) DE ALGODON
EN ALIMENTACION DE CERDOS

^{1/}
Julián Buitrago, Iván Jiménez,
Héctor Obando, Jerome H. Maner
y Alberto Moncada

INTRODUCCION

La semilla de algodón y sus subproductos representan después del frijol soya, el mayor volumen de proteína vegetal disponible en América Latina. Además de la elevada producción (3 millones de toneladas en 1974-75) (FAO), es la fuente de proteína más ampliamente distribuida en los países de América Latina (Cuadro 1).

La semilla de algodón tiene un alto contenido de proteína (26 por ciento en promedio) y de energía (25 por ciento de aceite en promedio), y por lo tanto, después de extraído el aceite, se obtiene un subproducto (torta, pasta o harina de algodón) rico en proteína de gran valor para alimentación animal.

Cuadro 1. Producción de semilla de algodón en América Latina.

(Toneladas métricas)

| <u>América Central</u> | | <u>América del Sur</u> | |
|------------------------|-----------|------------------------|-----------|
| Costa Rica | 800 | Argentina | 240.000 |
| Cuba | 2.300 | Bolivia | 37.000 |
| R. Dominicana | 2.200 | Brasil | 1.133.000 |
| El Salvador | 124.400 | Colombia | 280.000 |
| Guatemala | 189.000 | Ecuador | 2.200 |
| Haití | 1.900 | Paraguay | 42.000 |
| Honduras | 8.900 | Perú | 144.400 |
| México | 724.500 | Uruguay | 400 |
| Nicaragua | 225.400 | Venezuela | 48.000 |
| Subtotales | 1.279.400 | | 1.927.000 |

Fuente: FAO. 1974. Anuario de Producción. Vol. 28.

La utilización de torta o harina de algodón para preparación de alimentos concentrados se ha incrementado a medida que la producción de aceite a base de semilla de algodón se ha desarrollado y a medida que los efectos adversos por baja calidad o toxicidad del subproducto han sido superados.

Gran parte de la torta de algodón producida en Latinoamérica es de baja calidad como resultado de un procesamiento inadecuado. Las principales limitaciones se deben a procesos industriales ineficientes durante la separación de la semilla, la extracción del aceite y la cocción. Las alteraciones que se observan más frecuentemente como consecuencia de estas fallas se reflejan en productos con alto contenido de fibra, aceite y gósipol y baja calidad proteínica. Sin embargo, los métodos modernos de procesamiento permiten producir tortas de algodón de alta calidad y bajos niveles de gósipol.

La utilización de torta de algodón de calidad adecuada para la preparación de alimentos concentrados ofrece importantes ventajas nutricionales y económicas en muchas regiones de Latinoamérica. Con ciertas precauciones para prevenir los efectos tóxicos y suplementando las raciones con los nutrientes deficientes, pueden emplearse niveles altos de torta de algodón, tanto para nutrición de rumiantes como para monogástricos.

VALOR NUTRITIVO Y COMPOSICION QUIMICA

El valor nutritivo de la torta de algodón depende primordialmente del tipo de procesamiento a que haya sido sometida durante la extracción del aceite. Uno de los problemas que más limitan el uso de este subproducto se origina en la gran variación en la composición química, especialmente en las fracciones correspondientes a fibra cruda, proteína, extracto etéreo y gósipol libre. Aún con iguales métodos de extracción se presentan notables diferencias en el subproducto ofrecido por las fábricas extractoras de aceite.

Existen tres métodos en la extracción del aceite de semilla de algodón: prensa, solvente y pre prensa-solvente. El contenido de aceite es generalmente mayor en las tortas producidas por el método de prensa. El nivel de gósipol libre es mayor en el proceso de solvente, intermedio en pre prensa-solven-

te y menor en el procesamiento por prensa. La lisina disponible depende de la intensidad del tratamiento térmico: a mayor calentamiento hay una mayor combinación de lisina con gossipol, lo cual reduce la disponibilidad del aminoácido, al disminuirse la calidad de la proteína. Generalmente, la torta extraída por solvente es de mejor calidad proteica, seguida por el método preprensa-solvente y por el método de prensa.

En el Cuadro 2 se presenta la composición química de tortas de algodón obtenidas por los tres métodos de procesamiento. Estos valores son referen-

Cuadro 2. Composición química de tortas de algodón obtenidas por diferentes métodos de procesamiento. BIBLIOTECA AGRICOLA
DE COLOMBIA

| Componentes (%) | Preprensa-solvente | Prensa | Solvente |
|---------------------------------|--------------------|--------|----------|
| Materia seca | 89.9 | 91.4 | 90.4 |
| Ceniza | 6.4 | 6.2 | 6.4 |
| Fibra cruda | 13.6 | 13.5 | 12.4 |
| Extracto etéreo | 0.58 | 3.72 | 1.51 |
| Proteína cruda | 41.4 | 41.0 | 41.4 |
| Solubilidad de N | 54.4 | 36.8 | 69.4 |
| Gossipol libre | 0.05 | 0.04 | 0.30 |
| Gossipol total | 1.13 | 1.02 | 1.04 |
| Calcio | 0.15 | 0.16 | 0.15 |
| Fósforo | 0.97 | 0.93 | 0.98 |
| Lisina | 1.71 | 1.59 | 1.76 |
| Metionina | 0.52 | 0.55 | 0.51 |
| Cistina | 0.64 | 0.59 | 0.62 |
| Triptofano | 0.47 | 0.50 | 0.52 |
| Energía digestible (cerdos)* | 1310 | 1320 | - |
| Energía metabolizable (cerdos)* | 1090 | 1130 | 1100 |

* Valores en kilocalorías/kg.

cias generales que pueden variar ampliamente entre diferentes plantas procesadoras. Como información complementaria, se presentan los Cuadros 3 y 4, con los resultados de los análisis proximales practicados en muestras de torta de algodón procedentes de varias plantas procesadoras en Colombia, Bolivia, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Honduras y Guatemala.

Se observa la notable variación entre diferentes muestras, aún al considerar productos de un mismo país, como sucede en Colombia. Aparte de la variación en la cantidad de algunos de los componentes (especialmente proteína, fibra y grasa) es muy importante tener en cuenta la variación en la cantidad de estos componentes, tal como sucede con los valores para proteína, donde la disponibilidad de los aminoácidos puede reducirse considerablemente.

Proteína

Normalmente, los valores para proteína en la torta de algodón deben fluctuar entre 40 y 50 por ciento. La torta de algodón es una buena fuente de triptofano y contiene una cantidad moderada de metionina, pero es deficiente en lisina. La lisina, además de ser el primer aminoácido limitante de la torta de algodón, puede tener poca disponibilidad debido a un excesivo tratamiento térmico. La utilización de temperatura elevada durante la extracción del aceite aumenta la combinación entre gopiol y lisina al formar un complejo poco asimilable para monogástricos. La metionina es el segundo aminoácido limitante de la torta de algodón, seguido por treonina, isoleucina y leucina.

La solubilidad de nitrógeno en NaOH es una indicación de la calidad proteica que generalmente se reporta en los resultados analíticos. Tortas de algodón con solubilidad cercana al 80 por ciento son de excelente calidad, mientras que las cifras inferiores a 50 por ciento son generalmente indicativas de mala calidad proteica.

Grasa

La torta de algodón de buena calidad debe contener niveles de extracto etéreo inferiores a 5-6 por ciento. Cuando el contenido de grasa es excesivo, el producto puede alterarse fácilmente mediante procesos oxidativos, bajo con-

Cuadro 3. Análisis químico de torta de algodón procedente de diferentes sitios de Colombia.*

| Procedencia | Humedad | Proteína | Grasa | Fibra | Cenizas | ENN | Gosipol libre |
|-------------|---------|----------|-------|-------|---------|------|---------------|
| Bogotá (A) | 5.9 | 47.8 | 5.5 | 5.8 | 7.4 | 27.5 | 0.058 |
| Bogotá (B) | 9.0 | 48.1 | 0.5 | 7.7 | 7.5 | 27.2 | 0.048 |
| Bogotá (C) | 8.6 | 47.7 | 1.0 | 6.1 | 7.9 | 26.7 | 0.056 |
| Bogotá (D) | 9.3 | 45.7 | 1.4 | 11.7 | 7.3 | 24.6 | 0.020 |
| Buga (A) | 7.9 | 50.9 | 1.0 | 10.1 | 7.5 | 22.6 | 0.035 |
| Buga (B) | 9.3 | 48.8 | 1.5 | 9.2 | 7.3 | 23.8 | 0.056 |
| Cali | 10.2 | 41.4 | 0.5 | 16.7 | 5.9 | 25.2 | 0.033 |
| Cartagena | 10.1 | 45.8 | 0.7 | 9.8 | 7.2 | 26.5 | 0.025 |
| Montería | 5.1 | 47.2 | 6.3 | 8.0 | 7.0 | 26.4 | 0.045 |

* Análisis realizados en los laboratorios de Nutrición del ICA y del CIAT (1974, 1975).

Cuadro 4. Análisis químico de torta de algodón procedente de diferentes sitios en Latinoamérica.

| Procedencia | Humedad | Proteína | Grasa | Fibra | Cenizas | ENN |
|--------------------------------|---------|----------|-------|-------|---------|-------|
| Bolivia (Santa Cruz)* | 6.62 | 36.38 | 29.46 | 8.08 | 6.89 | 12.57 |
| Costa Rica (San José)* | 7.39 | 40.81 | 2.19 | 13.17 | 6.47 | 29.97 |
| Nicaragua (Managua)* | 4.54 | 38.81 | 4.87 | 3.18 | 6.04 | 42.56 |
| El Salvador (San Salvador)* | 9.59 | 38.75 | 1.04 | 15.40 | 6.36 | 28.86 |
| Honduras (San Pedro Sula)* | 13.20 | 34.18 | 19.54 | 12.80 | 6.13 | 14.15 |
| Guatemala - Prensa** | 7.50 | 42.10 | 6.90 | 10.30 | 6.50 | 26.70 |
| Guatemala-Preprensa/Solvente** | 8.60 | 47.60 | 2.90 | 6.30 | 7.30 | 27.30 |
| Guatemala-Solvente** | 11.00 | 35.80 | 2.50 | 10.90 | 6.60 | 33.20 |

* Análisis realizados en los laboratorios de nutrición del CIAT (1975).

** Análisis reportados por Bressani *et al.* (1972).

diciones favorables de temperatura y humedad. La rancidez oxidativa altera la integridad de los nutrientes, especialmente lípidos y vitaminas liposolubles.

La presencia de ácidos grasos ciclopropenoides (CPA) en la torta de algodón limita su uso en nutrición de aves, causando decoloración y manchas en la clara del huevo. Estos ácidos grasos también producen una mayor acumulación de ácidos esteárico y palmítico en la grasa de depósito.

Valores energéticos

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

La concentración energética de la torta de algodón en forma de energía digestible o metabolizable, varía ampliamente, la cual depende del tipo de procesamiento y de los niveles de fibra, grasa, proteína y gósipol. Hill y Totsuka (1964) y Rojas y Scott (1969), demostraron que niveles altos de gósipol libre reducen la energía metabolizable debido posiblemente a la interferencia del gósipol con la digestión y la absorción de la proteína o carbohidratos de la torta de algodón.

Al comparar las tortas de algodón y de soya del mismo nivel de proteína, la torta de algodón es consistentemente inferior en los valores de energía metabolizable. Según Smith (1970), los valores expresados en kilocalorías de energía metabolizable por kg de torta de algodón para cerdos son: preprensa-solvente, 2.442 y prensa, 2.517. Rojas y Scott (1969) reportan valores de 2.235 kilocalorías de energía metabolizable/kg de torta de algodón (preprensa-solvente) con 50 por ciento de proteína, en contraste con 2.770 kcal/kg para la torta de soya (solvente) del mismo nivel de proteína.

Gósipol

El gósipol es un pigmento tóxico presente en la torta de algodón en dos formas: libre y ligado o combinado. La ingestión de gósipol libre produce su acumulación en órganos y tejidos, causando trastornos en el rendimiento y posteriormente la muerte por intoxicación.

El cerdo es uno de los animales más susceptibles a los efectos tóxicos del gósipol libre, especialmente cuando se suministran raciones con torta de

algodón durante períodos prolongados a lechones o cerdos en crecimiento. Un nivel de gossipol libre superior al 0.02 por ciento de la ración generalmente ocasiona muerte por toxicidad en cerdos jóvenes (Hale et al., 1961). Las lesiones se localizan especialmente en el hígado (congestión y degeneración hepática), pulmones (congestión y edema) y corazón (hipertrofia y dilatación).

El gossipol ligado se forma por la combinación de moléculas de gossipol con otros elementos, especialmente con el aminoácido lisina. El tratamiento por calor favorece esta reacción, por lo cual la disponibilidad de la lisina disminuye, aumentándose el contenido de gossipol ligado. Otras moléculas que reaccionan con gossipol libre incluyen el hierro y el calcio, productos que son utilizados en forma de sales (sulfato ferroso o hidróxido de calcio) para contrarrestar la toxicidad del gossipol libre.

El contenido total de gossipol en la torta de algodón fluctúa generalmente entre 0.5 a 1.30 por ciento, según el tipo de procesamiento, con niveles de gossipol libre entre 0.01 y 0.5 por ciento y de gossipol ligado entre 0.5 y 1.20 por ciento.

UTILIZACION DE LA TORTA DE ALGODON EN ALIMENTACION DE CERDOS

Generalmente, la torta de algodón sólo puede ser considerada como un componente parcial del requerimiento proteico para cerdos, debido principalmente al efecto tóxico del gossipol libre. Según la concentración de este tóxico, los niveles máximos de torta de algodón recomendados en la ración fluctúan entre 5 y 15 por ciento. Por otra parte, a medida que se incrementa el contenido de torta de algodón en la dieta, la deficiencia del aminoácido lisina se hace más drástica.

Si se toman como fundamento estos dos factores limitantes, la mayoría de las investigaciones han sido enfocadas hacia la utilización de niveles altos de torta de algodón, al adicionar productos que contrarresten la toxicidad y/o superen la deficiencia en lisina.

Gran parte de los trabajos que se reportan a continuación han sido realizados en el Programa de Porcinos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), con cerdos de razas Duroc y Duroc x Yorkshire. También se incluye información seleccionada de trabajos realizados por otros autores.

CERDOS EN CRECIMIENTO Y ACABADO

Raciones con alto contenido de torta de algodón

En experimentos realizados por Wallace *et al.* (1955), se compararon cuatro tipos de torta de algodón con niveles de 33 a 35 por ciento, en raciones a base de maíz-torta de algodón suministradas a cerdos en crecimiento durante 9 semanas.

Los resultados se presentan en el Cuadro 5. Se observó una alta mortalidad (75 por ciento) en las raciones con torta de algodón de prensa hidráulica y de tornillo. En los tipos solvente y expeler, a pesar de que no se presentaron casos de mortalidad, se observaron síntomas de toxicidad progresiva (lesiones en la piel, bajo rendimiento), que eventualmente habrían producido muertes si el experimento se hubiera prolongado por más tiempo.

Cuadro 5. Comparación de cuatro tipos de torta de algodón en raciones para cerdos en crecimiento.

| Tipo de torta de algodón* | Gosipol libre (%) | Aumento de peso diario (kg) | Alimento/ganancia |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
| Solvente | 0.063 | 0.13 | 8.65 |
| Prensa hidráulica | 0.098 | 0.25 | 4.68 |
| Prensa tornillo | 0.075 | 0.10 | 8.25 |
| Expeler | 0.024 | 0.41 | 3.35 |

* Raciones maíz-torta de algodón con niveles de proteína entre 18 y 19 por ciento.

Fuente: Wallace *et al.* (1955).

La adición de vitaminas del complejo B, lisina o metionina, no mejoró en forma apreciable el rendimiento de los cerdos.

Raciones con alto contenido de torta de algodón (36 por ciento) también fueron evaluadas por Buitrago *et al.* (1970) durante un período más prolongado (98 días). Tres tipos de torta de algodón (pre prensa-solvente) fueron utilizados en raciones maíz (61 por ciento) - torta de algodón (36 por ciento) para cerdos en crecimiento y acabado.

El resumen de los resultados de este trabajo se presenta en el Cuadro 6. Se observó la relación directa entre el nivel de gosispol libre en la ración y el rendimiento de los cerdos. La muestra menos tóxica (Tipo C) no ocasionó muertes y el crecimiento de los cerdos fue superior que en los tratamientos con niveles superiores de gosispol libre (Tipos A y B). En todos los casos

Cuadro 6. Comparación de tres tipos de torta de algodón como única fuente de proteínas para cerdos en crecimiento y acabado.

| | Torta de algodón (36%) | | |
|-------------------------|------------------------|--------|--------|
| | Tipo A | Tipo B | Tipo C |
| Rendimiento de cerdos | | | |
| Peso inicial, kg | 19.8 | 20.0 | 19.7 |
| Peso final, kg | 73.7 | 71.0 | 86.4 |
| Aumento peso diario, kg | 0.55 | 0.52 | 0.67 |
| Aumento/ganancia | 3.37 | 3.37 | 3.43 |
| Mortalidad, % | 65 | 35 | 0 |
| Torta de algodón | | | |
| Proteína, % | 44.18 | 50.07 | 47.97 |
| Grasa, % | 7.57 | 1.99 | 0.95 |
| Fibra, % | 5.74 | 13.10 | 10.36 |
| Gosispol libre, % | 0.048 | 0.047 | 0.013 |
| Gosispol total, % | 0.97 | 0.82 | 0.41 |

Fuente: Buitrago *et al.* (1970).

de muertes se realizó la autopsia respectiva y se tomaron las muestras necesarias para diagnóstico por laboratorio. Se comprobó intoxicación por gosisol en cada caso, de acuerdo con los síntomas y lesiones que han sido descritos en la literatura (Smith, 1957; Fergusson et al., 1959).

Suplementación de la torta de algodón para mejorar la calidad nutritiva

A continuación se presentan algunos resultados de trabajos que tienden a mejorar la calidad de raciones a base de torta de algodón. La práctica recomendada en muchos trabajos se refiere a la combinación de torta de algodón con otros ingredientes proteicos para lograr un mejor balance de aminoácidos (especialmente lisina) y para disminuir la concentración de gosisol libre en la ración. Generalmente, se recomienda la utilización de productos ricos en lisina (harina de pescado, harina de carne, torta de soya, etc.). En la mayoría de los casos el remplazo parcial de la torta de algodón por harina de pescado, harina de carne o torta de soya ha mejorado la ganancia de peso y la eficiencia de conversión alimenticia de cerdos en crecimiento (Draper y Evans, 1944; Wallace et al. 1955; Sewell et al., 1957; Shimada y Brambila, 1966).

En un experimento dirigido por Moncada y Maner (1970) se compararon diferentes combinaciones de torta de algodón y torta de soya para cerdos en crecimiento y acabado (Cuadro 7). A medida que se incrementó el nivel de torta de algodón se redujo la tasa de crecimiento, produciéndose una disminución severa con niveles superiores a 20 por ciento. En el tratamiento con 30 por ciento de torta de algodón, murieron el 20 por ciento de los animales y en el tratamiento con 40 por ciento de torta de algodón, murieron el 60 por ciento de los cerdos. Sin embargo, los cerdos de los tratamientos con bajo contenido de torta de algodón (3.5, 7.3 y 11.4 por ciento), obtuvieron rendimientos aceptables tanto en crecimiento como en eficiencia alimenticia, posiblemente como resultado de un mejor balance de aminoácidos.

La adición de aminoácidos, especialmente lisina, ha sido objeto de numerosas investigaciones, como respuesta al bajo nivel y poca disponibilidad de la lisina en la torta de algodón. Los niveles más frecuentemente utilizados van

Cuadro 7. Diferentes combinaciones de torta de algodón y de soya en raciones para cerdos en crecimiento y acabado.

| Raciones (%) | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Torta de algodón | - | 3.5 | 7.3 | 11.4 | 20.0 | 30.0 | 40.0 |
| Torta de soya | 13.6 | 10.6 | 7.3 | 3.8 | 3.8 | 3.8 | 3.8 |
| Rendimiento * | | | | | | | |
| Aumento peso diario, kg | 0.76 | 0.84 | 0.83 | 0.83 | 0.52 | 0.55 | 0.29 |
| Alimento/ganancia | 2.67 | 3.07 | 3.00 | 2.98 | 2.03 | 2.29 | 1.37 |

Peso inicial, 20 kg; peso final, 94.6 (testigo). Duración del experimento: 91 días.

Fuente: Moncada y Maner (1970).

desde 0.2 por ciento hasta 0.8 por ciento de l-lisina en dietas a base de maíz y torta de algodón. Los resultados indican que la adición de lisina mejora los rendimientos en peso y eficiencia alimenticia de cerdos en crecimiento (Miner *et al.*, 1955; Wallace *et al.*, 1955; Hale y Lyman, 1961; Clawson *et al.*, 1961).

Por otra parte, la adición de metionina no ha demostrado un efecto favorable en las evaluaciones hechas con cerdos (Wallace *et al.*, 1955).

Suplementación de la torta de algodón para contrarrestar los efectos tóxicos del gossipol.

Se han efectuado muchos esfuerzos para tratar de minimizar los efectos del gossipol, incluyendo el desarrollo de variedades de algodón con bajo contenido de gossipol, tratamientos durante el procesamiento de la torta de algodón y la adición de productos químicos que se combinen con el gossipol libre o que disminuyan su concentración en la ración.

Los tratamientos por calor húmedo durante el procesamiento reducen el nivel de gossipol libre, pero generalmente, afectan la calidad de la proteína debido a efectos adversos sobre la disponibilidad de los aminoácidos, especialmente lisina. El gossipol también puede ser removido mediante la extracción

de la torta con una mezcla azeotrópica de hexano, acetona y agua (44:53:5), pero este método no se ha desarrollado a escala comercial.

Las sales minerales, especialmente sulfato ferroso (Withers y Brewster, 1913; Gallup, 1928; Clawson y Smith, 1966; Braham *et al.*, 1967; Buitrago *et al.*, 1970) e hidróxido de calcio (Gallup y Reder, 1934; Bressani *et al.*, 1964), han demostrado tener alguna efectividad para contrarrestar la toxicidad del gossipol.

En trabajos dirigidos por Moncada y Maner (1970) se compararon tres niveles de torta de algodón (11.41, 15.0 y 20.0 por ciento) con niveles de proteína en la ración total de 20, 23 y 25 por ciento, respectivamente. A cada una de las tres raciones basales se adicionó 0.25 por ciento de sulfato ferroso, 0.10 por ciento de l-lisina o una combinación de los dos.

En el Cuadro 8, se observan los resultados para cada tratamiento, en términos de aumento de peso y eficiencia de conversión alimenticia. Los efectos depresivos en el crecimiento se presentaron especialmente en las raciones con torta de algodón sin suplementación con sulfato ferroso y/o lisina. La adición de estos dos productos en forma separada contrarrestó parcialmente el efecto depresivo, pero no se observó un efecto sinérgico con la combinación de los dos productos.

En otro experimento dirigido por Buitrago y Jiménez (1969) también se evaluó el efecto de la adición de sulfato ferroso y lisina a raciones con torta de algodón (Cuadro 9). Un grupo de cerdos recibió la ración testigo sin torta de algodón. El segundo grupo recibió la ración a base de torta de algodón durante todo el período experimental. El tercer grupo recibió la ración anterior durante 28 días, luego se cambió por la ración sin torta de algodón durante 14 días para regresar a la ración con torta de algodón durante 28 días, continuando con este intercambio durante todo el período experimental.

Los resultados se aprecian en el Cuadro 10. Los aumentos de peso en los cerdos que consumieron raciones con torta de algodón adicionada de sulfato ferroso y lisina fueron menores que en el tratamiento testigo con torta de soya, aunque el nivel de reducción no fue drástico ni se observaron casos de

Cuadro 8. Efecto de la adición de sulfato ferroso y lisina a raciones que contienen altos niveles de torta de algodón, sobre el comportamiento de cerdos en crecimiento y acabado.*

| Tratamientos | Porcentaje de torta de algodón en la dieta | | | |
|----------------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 11.41 | 15.00 | 20.00 | |
| | Aumento diario, kg | Aumento diario, kg | Aumento diario, kg | Aumento diario, kg |
| Basal | 0.794 | 0.757 | 0.642** | 305 |
| FeSO ₄ (0.25%) | 0.810 | 0.800 | 0.689 | 286 |
| Lisina (0.10%) | 0.805 | 0.814 | 0.776** | 294 |
| Lisina x FeSO ₄ | 0.773 | 0.761 | 0.694 | 317 |

* Seis cerdos por tratamiento. Peso inicial promedio, 16.4 kg. Peso final promedio en la dieta control, 100 kg.

** Murió un cerdo en cada uno de estos tratamientos con síntomas de intoxicación por gosispol.

Fuente: Moncada y Maner (1970).

Cuadro 9. Raciones a base de torta de algodón adicionadas de sulfato ferroso y lisina.

| | Testigo | Torta de algodón |
|-----------------------|---------|------------------|
| | (%) | (%) |
| Maíz | 63.0 | 62.35 |
| Melaza | 15.0 | 15.0 |
| Torta de soya | 19.0 | 7.0 |
| Torta de algodón | - | 12.0 |
| Harina de huesos | 2.0 | 2.0 |
| Sulfato ferroso | - | 0.40 |
| L-lisina | - | 0.25 |
| Premezcla vitam.-min. | 1.0 | 1.0 |

Fuente: Buitrago y Jiménez (1969).

toxicidad. Las raciones algodón-sulfato ferroso-lisina fueron igualmente eficientes a la ración testigo en cuanto a conversión de alimento, pero parecen tener menos palatabilidad al comparar los consumos alimenticios en los tres tratamientos. No se observó un efecto favorable al cambiar la ración con

Cuadro 10. Rendimiento de cerdos en crecimiento y acabado alimentados con raciones a base de torta de algodón adicionadas de sulfato ferroso y lisina.

| | Sin Algodón | Algodón Continuo | Algodón Períodos |
|-----------------------------|-------------|------------------|------------------|
| Peso inicial, kg | 23.2 | 22.0 | 22.2 |
| Peso final, kg | 90.8 | 81.5 | 82.5 |
| Aumento peso diario, kg | 0.80 | 0.71 | 0.72 |
| Consumo alimento diario, kg | 2.61 | 2.35 | 2.35 |
| Alimento/ganancia | 3.27 | 3.31 | 3.29 |

Fuente: Buitrago y Jiménez (1969).

BIBLIOTECA
DE COLONIA

torta de algodón durante períodos de dos semanas por la ración sin torta de algodón, aunque en estudios anteriores (Gallup, 1928; Buitrago, 1967) se había demostrado que el cambio a raciones libres de gosoipol producían mejor rendimiento en cerdos y menos acumulación de gosoipol en los tejidos.

El remplazo total de los granos de cereales por la combinación de melaza y azúcar también ha sido evaluado en dietas isoproteicas a base de torta de algodón (Buitrago et al., 1975). En este experimento se utilizó la torta de algodón a un nivel de 35 por ciento en crecimiento y de 28 por ciento en acabado, adicionada de sulfato ferroso en concentración de 0.2 por ciento y 0.15 por ciento, durante crecimiento y acabado, respectivamente (Cuadros 11 y 12).

No se observaron efectos adversos en el rendimiento como resultado del alto porcentaje de torta de algodón (Cuadros 13 y 14). Durante acabado, dietas hasta con 30 por ciento de melaza y 28 por ciento de torta de algodón, sostuvieron niveles de rendimiento comparables a los de dietas maíz-torta de

Cuadro 11. Utilización de melaza, azúcar y torta de algodón como única fuente de energía y proteína para cerdos en crecimiento (20-50 kg).

| | Relación melaza : azúcar | | | | |
|-----------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 10:56 | 10:51 | 20:41 | 30:31 | 40:21 |
| Dietas (%) | | | | | |
| Melaza | 10.00 | 10.00 | 20.00 | 30.00 | 40.00 |
| Azúcar | 56.30 | 51.10 | 41.10 | 31.10 | 21.10 |
| Torta de algodón | - | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 35.00 |
| Torta de soya | 30.00 | - | - | - | - |
| Sal yodada | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| Harina de huesos | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Minerales y vitaminas | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| Sulfato ferroso | - | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |

Fuente: Buitrago et al. (1975).

Cuadro 12. Utilización de melaza, azúcar y torta de algodón como única fuente de energía y proteína para cerdos en ceba (50-90 kg).

| | Relación melaza : azúcar | | | | |
|-----------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 10:61 | 10:58 | 20:48 | 30:38 | 40:28 |
| Diets (%) | | | | | |
| Melaza | 10.00 | 10.00 | 20.00 | 30.00 | 40.00 |
| Azúcar | 61.20 | 58.20 | 48.20 | 38.20 | 28.20 |
| Torta de algodón | - | 28.00 | 28.00 | 28.00 | 28.00 |
| Torta de soya | 25.00 | - | - | - | - |
| Sal yodada | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| Harina de huesos | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| Minerales y vitaminas | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| Sulfato ferroso | - | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.15 |

Fuente: Buitrago et al. (1975).

soya, tanto en ganancia de peso como en eficiencia de conversión alimenticia.

Clawson y Smith (1966) evaluaron varios niveles de hierro con relación al nivel de gosispol libre en raciones para cerdos. Como se observa en el Cuadro 15, el más alto nivel de hierro, al proporcionar una relación en pe-

Cuadro 13. Rendimiento de cerdos en crecimiento alimentados con raciones a base de melaza, azúcar y torta de algodón como única fuente de energía y proteína.

| | Relación melaza: azúcar | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 10:56 | 10:51 | 20:41 | 30:31 | 40:21 |
| Rendimiento | | | | | |
| Aumento diario, kg | 0.66 | 0.63 | 0.63 | 0.63 | 0.53 |
| Consumo alimento diario, kg | 2.07 | 2.05 | 2.10 | 2.16 | 1.92 |
| Alimento/ganancia | 3.14 | 3.26 | 3.33 | 3.43 | 3.63 |

Fuente: Buitrago et al. (1975).

Cuadro 14. Rendimiento de cerdos en acabado alimentados con raciones a base de melaza, azúcar y torta de algodón como única fuente de energía y proteína.

| | Relación melaza : azúcar | | | | |
|----------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 10:61 | 10:58 | 20:48 | 30:38 | 40:28 |
| Rendimiento | | | | | |
| Aumento diario,kg | 0.69 | 0.84 | 0.76 | 0.80 | 0.72 |
| Consumo alimento diario,kg | 2.69 | 3.27 | 2.91 | 2.98 | 3.07 |
| Alimento/ganancia | 3.90 | 3.89 | 3.83 | 3.73 | 4.26 |

Fuente: Buitrago *et al.* (1975).

so de 1:1 de hierro a gosipol libre, fue el tratamiento más efectivo en el rendimiento de los cerdos, además de reducir significativamente la acumulación de gosipol en el hígado, aún con niveles de gosipol libre equivalente a 100 mg/kg de ración.

Cuadro 15. Comportamiento de cerdos en crecimiento con raciones que contienen diferentes relaciones de hierro: gosipol.

| Gosipol libre mg/kg | Hierro mg/kg | Relación hierro: gosipol | Aumento de peso diario kg |
|------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 80 | 0 | 0: 1 | 0.74 |
| 244 | 0 | 0: 1 | 0.55 |
| 400 | 0 | 0: 1 | 0.39 |
| 80 | 40 | 0.5: 1 | 0.73 |
| 244 | 122 | 0.5: 1 | 0.69 |
| 400 | 200 | 0.5: 1 | 0.65 |
| 80 | 80 | 1: 1 | 0.71 |
| 244 | 244 | 1: 1 | 0.76 |
| 400 | 400 | 1: 1 | 0.75 |

Fuente: Clawson y Smith (1966).

En experimentos reportados por Buitrago *et al.* (1970) se evaluó el efecto de niveles altos de sulfato ferroso para contrarrestar la toxicidad del gopipol libre (0.04 por ciento) en la dieta y para prevenir la acumulación del tóxico en el hígado. También se determinó si la alimentación por períodos variables con una ración libre de torta de algodón era adecuada para eliminar el gopipol del hígado en cerdos que habían consumido previamente las raciones con torta de algodón.

El hierro se agregó en forma de sulfato ferroso para proporcionar niveles de 800, 1.600, 2.400 y 3.200 mg de hierro por kg de una dieta con 400 mg de gopipol libre por kg, lo cual equivalía a relaciones de 2:1, 4:1, 5:1 y 6:1 de hierro: gopipol libre.

Se observó una reducción lineal en las ganancias de peso (Cuadro 16) a medida que se incrementó el nivel de hierro en la dieta. La adición de hie-

Cuadro 16. Resultados de rendimiento y residuos de gopipol en el hígado de cerdos que consumen altos niveles de gopipol y sulfato ferroso.

| | Testigo | Torta de algodón (400 mg gopipol libre) | | | |
|--|---------|--|-------|------|------|
| | | Nivel de hierro, mg/kg 800 | 1600 | 2400 | 3200 |
| Rendimiento | | | | | |
| Aumento de peso diario, kg* | 0.72 | 0.77 | 0.70 | 0.71 | 0.65 |
| Consumo alimento diario, kg | 2.31 | 2.77 | 2.53 | 2.46 | 2.46 |
| Alimento/ganancia | 3.20 | 3.61 | 3.59 | 3.46 | 3.78 |
| Contenido de gopipol en el hígado | | | | | |
| Libre, ug/g | 3.1 | 120.5 | 119.3 | 72.4 | 57.8 |
| Combinado, ug/g | 6.4 | 120.0 | 119.3 | 71.2 | 60.9 |
| Contenido de hierro en el hígado, ug/g | 572 | 628 | 696 | 751 | 1423 |

* Pesos inicial y final de 12 y 93 kg, respectivamente.

Fuente: Buitrago *et al.* (1970).

rro produjo una reducción tanto en el gosipol libre como en el gosipol compuesto acumulado en el hígado.

Tanto el gosipol libre como el compuesto fueron eliminados lentamente del hígado de los cerdos que consumieron raciones sin torta de algodón (raciones de depleción) en la parte final del ensayo. La disminución más rápida se observó durante los primeros 7 días del período de depleción (Cuadro 17).

HEMBRAS EN REPRODUCCION

A pesar de que existe muy poca información sobre la utilización de torta de algodón en cerdos adultos, especialmente aquellos destinados a reproducción, se ha observado una mayor resistencia al efecto tóxico del algodón a medida que el cerdo incrementa su peso. Esta observación es de mayor importancia en hembras destinadas a reproducción, al combinar un período de alimentación restringida (gestación) con un período de alimentación a voluntad (lactancia).

En el primer experimento reportado por Obando et al. (1975a), se compararon tres raciones a base de azúcar y niveles altos (36 por ciento) de torta de algodón para hembras gestantes en confinamiento. Las dietas se balancearon para proporcionar 16 por ciento de proteína cruda y un consumo diario de 1.80 kg por animal.

Cuadro 17. Residuos de gosipol en el hígado y en el bazo de cerdos que consumen dietas de depleción de diferente duración.

| Período de depleción días | G o s i p o l | | | |
|---------------------------------|--------------------|-----------|-------------|-----------|
| | Hígado (mg /100 g) | | Bazo (µg/g) | |
| | Libre | Compuesto | Libre | Compuesto |
| 0 | 28 | 24 | 50 | 124 |
| 7 | 12 | 15 | 32 | 98 |
| 13 | 9 | 13 | 32 | 70 |
| 19 | 8 | 12 | 26 | 33 |
| 34 | 4 | 6 | 33 | 29 |

Fuente: Buitrago et al. (1970).

La composición de las raciones y el resumen de resultados se presentan en el Cuadro 18. No se encontraron diferencias significativas en los parámetros analizados. La adición de sulfato ferroso a la ración con 36 por ciento de torta de algodón, no resultó necesaria para mejorar el rendimiento de las hembras, ya que tanto los cambios de peso durante gestación como el rendimiento

Cuadro 18. Utilización de altos niveles de torta de algodón y azúcar para hembras en gestación.

| | Testigo | Torta de algodón | |
|--------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| | (Torta de soya) | Sin sulfato ferroso | Con sulfato ferroso |
| Raciones (%) | | | |
| Azúcar | 61.90 | 58.15 | 58.09 |
| Torta de soya | 32.00 | - | - |
| Torta de algodón | - | 36.00 | 36.00 |
| Harina de huesos | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| Fosfato bicálcico | 1.50 | 1.00 | 1.00 |
| Carbonato de calcio | - | 0.25 | 0.25 |
| Sal yodada | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| Vitaminas y minerales | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| Sulfato ferroso | - | - | 0.06 |
| Rendimiento | | | |
| Hembras | | | |
| Peso a la monta, kg | 167.6 | 165.2 | 154.0 |
| Peso al parto, kg | 182.6 | 192.8 | 190.2 |
| Progenie al parto | | | |
| No. lechones vivos | 12.0 | 9.0 | 10.7 |
| Peso total de camada, kg | 13.8 | 11.4 | 12.8 |
| Peso individual, kg | 1.18 | 1.28 | 1.19 |

Fuente: Obando et al. (1975a).

miento reproductivo al parto fueron tan satisfactorios como los resultados obtenidos con raciones sin adición de sulfato ferroso o con raciones testigos a-zúcar-torta de soya.

Durante gestación de hembras en pastoreo (Jiménez et al., 1975) también se realizó la comparación de raciones con alto contenido de melaza y de azúcar, suplementadas con torta de algodón o con una combinación de torta de algodón y torta de soya (Cuadro 19). La información sobre comportamiento reproductivo (Cuadro 20) indicó que tanto las hembras como las camadas provenientes de tratamientos con altos niveles de torta de algodón tuvieron un rendimiento satisfactorio en relación con el rendimiento observado en las hembras del tratamiento testigo (maíz-torta de soya).

En otro experimento con hembras gestantes en pastoreo (Obando et al., 1975a), se comparó una ración testigo (maíz-torta de soya) con tres raciones experimentales en las cuales la torta de algodón reemplazó desde el 75 hasta

Cuadro 19. Utilización de melaza y azúcar en raciones para hembras gestantes.*

| Dietas (%) | Testigo | Melaza-azúcar | |
|-----------------------|---------|---------------|---------|
| | | Soya-algodón | Algodón |
| Melaza | - | 30.00 | 30.00 |
| Azúcar | - | 30.30 | 29.30 |
| Maíz | 77.30 | - | - |
| Torta de soya | 17.00 | 17.00 | - |
| Torta de algodón | - | 17.00 | 35.00 |
| Harina de huesos | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| Sal yodada | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| Minerales y vitaminas | 0.20 | 0.20 | 0.20 |

* Cada hembra recibió 1 kg de las dietas anteriores en pastoreo.

Fuente: Jiménez et al. (1975).

Cuadro 20. Comportamiento de hembras gestantes alimentadas con altos niveles de torta de algodón, melaza y azúcar.*

| | Testigo | Melaza-azúcar | |
|-----------------------|---------|---------------|---------|
| | | Soya-algodón | Algodón |
| Rendimiento | | | |
| Hembras | | | |
| Peso a la monta, kg | 165.7 | 152.6 | 159.6 |
| Peso al parto, kg | 161.4 | 145.4 | 154.4 |
| Progenie al parto | | | |
| No. lechones vivos | 9.4 | 9.3 | 10.2 |
| Peso total camada, kg | 11.2 | 11.2 | 11.8 |
| Peso individual, kg | 1.19 | 1.21 | 1.16 |

* Cada hembra recibió 1 kg de las dietas anteriores en pastoreo.

Fuente: Jiménez et al. (1975).

el 100 por ciento de la torta de soya. La última ración fue adicionada de los aminoácidos lisina y metionina. Todas las hembras se alimentaron en forma controlada con raciones isoproteicas (14 por ciento de proteína) a razón de 1 kg diario por animal.

En el Cuadro 21 se presenta la composición de las raciones y los resultados de rendimiento de las hembras durante gestación y al momento del parto. No se observaron diferencias en el rendimiento de las hembras durante gestación. El número y peso de los lechones al nacimiento tampoco fueron significativamente diferentes entre tratamientos, lo cual confirma los resultados del experimento anterior, en el sentido de que la torta de algodón puede reemplazar totalmente a la torta de soya en la dieta durante gestación, sin afectar aparentemente el rendimiento reproductivo de la hembra.

Durante lactancia también se evaluaron cantidades crecientes de torta de algodón en remplazo de la torta de soya. En experimentos reportados por O-

Cuadro 21. Raciones a base de torta de algodón-maíz para hembras en gestación.

| | Nivel de torta de algodón(%) | | | |
|--------------------------|------------------------------|-------|-------|--------------------------|
| | 0 | 9 | 15 | 15+ lisina +metionina |
| Raciones (%) | | | | |
| Maíz | 82.50 | 81.08 | 79.50 | 78.95 |
| Torta de soya | 12.00 | 4.00 | - | - |
| Torta de algodón | - | 9.42 | 15.00 | 15.00 |
| Harina de huesos | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| Vitaminas y minerales | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| L-lisina | - | - | - | 0.25 |
| DL-metionina | - | - | - | 0.30 |
| Rendimiento | | | | |
| Hembras | | | | |
| Peso a la monta, kg | 165 | 175 | 194 | 202 |
| Peso a los 108 días, kg | 196 | 211 | 227 | 235 |
| Progenie al parto | | | | |
| No. lechones vivos | 8.8 | 10.2 | 8.6 | 9.6 |
| Peso total de camada, kg | 11.38 | 12.53 | 12.59 | 13.46 |
| Peso individual, kg | 1.29 | 1.22 | 1.46 | 1.40 |

Fuente: Obando et al. (1975a).

bando et al. (1975a) se compararon cuatro raciones isoproteicas (16 por ciento proteína) a base de torta de algodón y torta de soya durante una lactancia de 56 días.

En el Cuadro 22 se observa la composición de las raciones experimentales y en el Cuadro 23 los resultados del comportamiento de hembras y camadas. No se encontraron diferencias significativas al comparar los cambios de peso y el consumo alimenticio de las hembras hasta la época del destete. El

Cuadro 22. Comparación de dietas a base de torta de algodón-maíz para hembras en lactancia.

| Ingrediente (%) | Nivel de torta de algodón (%) | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|--------|--------|----------|
| | 0 | 9 | 15 | 15+ a.a. |
| Maíz | 80.32 | 76.26 | 75.13 | 75.13 |
| Torta de soya | 14.18 | 8.82 | 4.37 | 4.37 |
| Torta de algodón | - | 9.42 | 15.00 | 15.00 |
| Harina de huesos | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| Premezcla vitamina y minerales | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| L-lisina HCl | - | - | - | 0.25 |
| DL-metionina | - | - | - | 0.30 |
| Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Proteína, % | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 16.0 |

Fuente: Obando et al. (1975a).

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

rendimiento reproductivo de las cerdas en términos de número y peso de las camadas al nacimiento y al destete, tampoco fue afectado por los tratamientos a base de torta de algodón. Hubo una ligera tendencia hacia una reducción en el peso al destete de los lechones cuyas madres consumían niveles altos de torta de algodón.

Como complemento a los estudios con hembras gestantes y lactantes, se realizó otro experimento (Obando et al. (1975b) con el objeto de evaluar las raciones utilizadas anteriormente (Cuadros 21 y 22) durante tres períodos consecutivos de gestación y lactancia. La duración de la lactancia en esta oportunidad fue de 42 días. De acuerdo con los resultados obtenidos (Cuadro 24) se pudo confirmar la posibilidad de utilizar niveles altos de torta de algodón sin afectar el rendimiento de las hembras en reproducción.

En resumen, al analizar los resultados de todos los experimentos con niveles altos del tipo de torta de algodón reportada en el Cuadro 6, en raciones para hembras reproductoras, no se observan efectos marcados de toxicidad.

Cuadro 23. Rendimiento de hembras y camadas durante lactancia.

| Criterio* | Nivel de torta de algodón (%) | | | |
|----------------------------|-------------------------------|-------|------|-----------|
| | 0 | 9 | 15 | 15 + a.a. |
| Hembras | | | | |
| Número de hembras | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Peso al parto | 226 | 206 | 211 | 226 |
| Peso al destete | 209 | 193 | 181 | 204 |
| Consumo total | 306 | 302 | 270 | 303 |
| Progenie al parto | | | | |
| Número de lechones | 10.1 | 9.0 | 10.3 | 10.7 |
| Peso individual | 1.5 | 1.6 | 1.3 | 1.4 |
| Peso total de camada | 15.1 | 14.4 | 13.4 | 15.0 |
| Progenie al destete | | | | |
| Número de lechones | 7.9 | 7.8 | 8.3 | 8.5 |
| Peso individual | 14.7 | 13.4 | 11.8 | 13.0 |
| Peso total de camada | 115.9 | 104.5 | 98.0 | 110.5 |
| Consumo individual | 3.8 | 4.2 | 4.7 | 4.2 |

* Las cifras están expresadas en kilogramos excepto para el número de animales.

Fuente: Obando et al. (1975a).

dad o de depresión en crecimiento, como sucede con mayor consistencia en cerdos jóvenes. Tampoco se observó una respuesta favorable a la adición de lisina, metionina o de sulfato ferroso. Existe la posibilidad de que animales de esta edad tengan mayor resistencia a la toxicidad producida por gosispol y de que el nivel de lisina en la ración no sea tan limitante como sucede con cerdos en crecimiento.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

La torta de algodón es una fuente abundante de proteína vegetal en la mayoría de los países latinoamericanos. Sin embargo, gran parte de este subproducto es de baja calidad debido a deficiente procesamiento industrial,

Cuadro 24. Utilización de torta de algodón durante tres períodos consecutivos de gestación y lactancia.

| | Nivel de torta de algodón (%) | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------|-------|---------------------------|
| | 0 | 9 | 15 | 15+ lisina + metionina |
| Hembras | | | | |
| Aumento de peso gestación, kg | 32.6 | 38.2 | 34.1 | 35.8 |
| Consumo total gestación, kg | 115.0 | 115.0 | 115.0 | 115.0 |
| Consumo total lactancia, kg | 236.5 | 244.5 | 237.3 | 249.6 |
| Progenie al parto | | | | |
| No. lechones | 9.5 | 10.5 | 10.3 | 9.3 |
| Peso total camada, kg | 12.5 | 13.2 | 13.3 | 12.7 |
| Progenie al destete (42 días) | | | | |
| No. lechones | 9.0 | 8.4 | 8.1 | 8.7 |
| Peso individual, kg | 7.4 | 6.9 | 7.3 | 7.9 |

Fuente: Obando et al. (1975b).

que generalmente se refleja en torta con un elevado contenido de fibra, aceite y gopisol. En estas condiciones, su valor nutritivo disminuye considerablemente y el grado de toxicidad se incrementa.

Aunque no hay un criterio exacto para delimitar la calidad de la torta de algodón y la cantidad que puede usarse en dietas para cerdos, se pueden hacer algunas recomendaciones generales, con base en las experiencias realizadas.

Los cerdos jóvenes (menos de 50 kg) son más susceptibles al efecto tóxico del gopisol libre, al alto nivel de fibra y a la deficiencia de lisina en la torta de algodón. Para este tipo de animales no debe utilizarse un nivel superior al 10 por ciento de torta de algodón en la ración, cuando este producto presente un contenido superior a 0.2 por ciento de gopisol libre y más de 10 por ciento de fibra cruda. La adición de sulfato ferroso y del amino-

ácido lisina, contrarresta parcialmente el efecto tóxico y la deficiencia en lisina de raciones con alto contenido de torta de algodón.

Los cerdos adultos (cerdos en acabado, hembras y machos reproductores) son más resistentes a la toxicidad que produce el gopiol, además de afectarse menos por la limitación en el aminoácido lisina o por el exceso de fibra en raciones con alto porcentaje de torta de algodón. Raciones con más del 10 por ciento de torta de algodón generalmente producen rendimientos satisfactorios en cerdos adultos, aún con productos que contengan niveles de gopiol libre y fibra un poco superiores a los anotados anteriormente (0.2 y 10 por ciento respectivamente). En hembras gestantes y lactantes, se ha utilizado torta de algodón como única fuente de proteína en la ración, con rendimiento reproductivo comparable al logrado con raciones convencionales a base de torta de soya.

La adición de sulfato ferroso es más importante cuando se trata de raciones para cerdos jóvenes con más de 0.02 por ciento de gopiol libre en la ración completa. Se debe tener en cuenta que la cantidad de sulfato ferroso debe ser suficiente para aportar una relación de hierro: gopiol libre equivalente a 1:1. Para cerdos en acabado se recomienda la adición de sulfato ferroso cuando la concentración de gopiol libre en la ración total es superior a 0.03 por ciento.

La deficiencia de lisina en raciones para cerdos jóvenes se puede subsanar utilizando el aminoácido sintético o productos ricos en lisina (harinas de pescado, sangre o carne), en cantidades que equilibren el contenido total de lisina en la ración con el requerimiento del cerdo.

Aparte de la evaluación química y nutritiva en la torta de algodón, es fundamental el análisis de tipo económico antes de proceder a utilizar este subproducto en producción comercial de cerdos. Al compararlo con otras fuentes de proteína debe considerarse especialmente la menor concentración de energía digestible (en tortas con alto contenido de fibra), la menor cantidad y calidad de proteína y la deficiencia en lisina. Cuando los valores para estos nutrientes son muy inferiores con relación a otros productos proteicos,

el precio comercial de la torta de algodón debe disminuir en forma equitativa. Sin embargo, por medio de un procesamiento adecuado se puede obtener torta de algodón de muy buena calidad, cuyo precio puede fluctuar entre 20 y 50 por ciento menos, con respecto a otras fuentes proteínicas convencionales (torta de soya, harina de pescado, harina de carne), lo cual generalmente permite utilizar torta de algodón en forma favorable desde el punto de vista económico.

REFERENCIAS

- Braham, J.E., R. Jarquin, L.G. Elías, M. González and R. Bressani. 1967. Effect of calcium and gossypol on the performance of swine and on certain enzymes and other blood constituents. *J. Nutr.* 91:47-54.
- Bressani, R., L.G. Elías, R. Jarquin and J.E. Braham. 1964. All vegetable protein mixtures for human feeding. XII. Effect of cooking mixtures containing cottonseed flour on free gossypol content. *Food Technol.* 18:95-99.
- Bressani, R., J.E. Braham y R. Jarquin. 1972. Harina de torta de semilla de algodón en la alimentación de cerdos. Seminario sobre sistemas de producción de porcinos en América Latina. CIAT. Cali, Colombia.
- Buitrago, J. 1967. Effect of ferrous sulfate on gossypol accumulation in and elimination from swine tissues. PhD Thesis, Cornell University. Ithaca. USA.
- Buitrago, J. e I. Jiménez. 1969. Empleo de la torta de algodón en crecimiento y acabado de cerdos. *Agricultura Tropical* XXV: 750-753.
- Buitrago, J.A., M. Corzo e I. Jiménez. 1970. Comparación de tres tortas de algodón en raciones para cerdos en crecimiento y acabado. *Revista ICA.* V(2): 103-106.
- Buitrago, J.A., A.J. Clawson y F.H. Smith. 1970. Effects of dietary iron on gossypol accumulation in and elimination from porcine liver. *J. Anim. Sci.* 31: 554-558.
- Buitrago, J., J.H. Maner, R. Portela, I. Jiménez y G. Gómez. 1975. Utilización de melaza, azúcar y torta de algodón como única fuente de energía y proteína en dietas para cerdos en crecimiento y acabado. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. 5a. Reunión. Maracay, Venezuela.

- Clawson, A.J. and F.H. Smith. 1966. Effect of dietary iron on gossypol toxicity and on residues of gossypol in porcine liver. *J. Nutr.* 89: 307-310.
- Clawson, A.J., F.H. Smith, J.C. Osborne and E.R. Barrick. 1961. Effect of protein source, autoclaving, and lysine supplementation on gossypol toxicity. *J. Anim. Sci.* 20:547-552.
- Draper, C.I., and R.J. Evans. 1944. Gross values of combinations of cottonseed meal, soybean oil meal and herring fish meal. *Poultry Sci.* 23:189-192.
- Fergusson, R.M., J.R. Couch, and R.H. Rigdon. 1959. Histopathological effects of gossypol. Proc. 5th Conf. on Processing as Related to Nutritive Value of Cottonseed Meal. Jan. 19-20:15-18.
- Gallup, W.D. 1928. The value of iron salts in counteracting the toxic effects of gossypol. *J. Biol. Chem.* 77:437-449.
- Gallup, W.D., and R. Reder. 1934. Calcium salts in the detoxification of gossypol. *Proc. Oklahoma Acad. Sci.* 14:74-75.
- Hale, F., C.M. Lyman and H.A. Smith. 1958. Use of cottonseed meal in swine rations. *Texas Agric. Exp. Sta. Bull.* 898.
- Hale, F. y C.M. Lyman. 1961. Lysine supplementation of sorghum grain-cottonseed meal rations for growing-fattening pigs. *J. Anim. Sci.* 20:734-736.
- Hill, F.W., and K. Totsuka. 1964. Studies on the metabolizable energy of cottonseed meals for chicks, with particular reference to the effects of gossypol. *Poultry Sci.* 43:362-370.
- Jiménez, I., J. Buitrago y R. Portela. 1975. Altos niveles de azúcar, melaza y torta de algodón para cerdas gestantes y lactantes. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal. 5a. Reunión. Maracay, Venezuela.*
- Kornegay, E.T., A.J. Clawson, F.H. Smith and E.R. Barrick. 1961. Influence of protein source on toxicity of gossypol in swine rations. *J. Anim. Sci.* 20:597-602.
- Moncada, A. y J.H. Maner. 1970. Estudio del nivel de torta de algodón a utilizar en dietas para cerdos y neutralización de sus efectos tóxicos mediante el sulfato de hierro. *Revista ICA. V (2)*: 91-102.
- Miner, J.J., W.B. Clower, P.R. Noland and E.L. Stephenson. 1955. Amino acid supplement of a corn-cottonseed meal diet for growing-fattening swine. *J. Anim. Sci.* 14:24-29.

- Obando, H., J. Buitrago, A. Moncada e I. Jiménez. 1975a. Empleo de torta de algodón para cerdas en gestación y lactancia. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Memoria. 10:7-18.
- Obando, H., A. Moncada, I. Jiménez y J. Buitrago. 1975b. Uso de la torta de algodón en cerdas durante tres períodos consecutivos de gestación y lactancia. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. 5a. Reunión. Maracay, Venezuela.
- Rojas, S.W. y M.L. Scott. 1969. Factors affecting the nutritive value of cottonseed meal as a protein source in chick diets. Poultry Science. 48:819-835.
- Sewell, R.F., B.C. Keen y J.L. Carmon. 1957. The value of various blends of soybean oil meal, peanut oil meal and degossypolized cottonseed oil meal as protein supplements in swine rations. 16: 357-363.
- Shimada, A.S. and S.B. Brambila. 1966. Valoración de la sustitución de pasta de soya con pastas de algodón y cártamo, en raciones a base de maíz, con y sin melaza, para cerdos en crecimiento y finalización. Técnica Pecuaria Mej. (p. 30-37).
- Smith, K.J. 1970. Nutrient composition of cottonseed meal. Feedstuffs. 42: 16-20.
- Smith, H.A. 1957. The pathology of gossypol poisoning. Amer. J. of Pathology. 33:353-365.
- Wallace, H.D., T.T. Cunha and G.E. Combs. 1955. Low gossypol cottonseed meal as a source of protein for swine. Florida Agric. Exp. Sta. Bull. 566:1-26.
- Withers, W.A., and F.E. Carruth. 1915. Gossypol, the toxic substance in cottonseed meal. J.Agric. Research. 5:261-288.

Biblioteca Agropecuaria
de Colombia - BAC



010100003582