

## **Estudio del uso de harina de semilla de algodón en el crecimiento y engorde de cerdos<sup>1</sup>**

**ROBERTO JARQUIN<sup>1</sup>, MARIO GONZALEZ<sup>2</sup>, RAMIRO OLIVA<sup>4</sup>,  
LUIS A. LAMM<sup>4</sup>, LUIZ G. ELÍAS<sup>2</sup> Y RICARDO BRESSANI<sup>3</sup>**  
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),  
Guatemala, C. A.

### **RESUMEN**

Se llevaron a cabo varios experimentos en cerdos de la raza Duroc-Jersey con el objeto de determinar el efecto de la adición de calcio y hierro sobre la toxicidad del gosipol. Se estudió, asimismo, el efecto de la densidad calórica de la ración sobre la toxicidad de gosipol, en dietas que contenían 42% de harina de torta de semilla de algodón. Otro propósito fue establecer el efecto de esta última, y de la harina de soya, al usarse como suplementos proteicos de raciones para estos animales, en las que se utilizó granillo de trigo para sustituir parcialmente el maíz.

Los hallazgos obtenidos con el uso de raciones que contenían 42% de harina de algodón demostraron que la adición simultánea de calcio y hierro producía mejor crecimiento que la suplementación con hierro únicamente, evitando la depigmentación del pelo que se observa en cerdos Duroc-Jersey que consumen altos niveles de harina de algodón. Asimismo, las harinas procesadas por el método de prensa produjeron mejor creci-

1 La presente investigación se llevó a cabo con ayuda financiera de la Fundación W. K. Kellogg, con sede en Battle Creek, Michigan, EE UU.

2 Científicos de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

3 Técnico Agrícola a cuyo cargo se encuentra la administración de la Estación Experimental de INCAP.

4 Peritos Agrónomos Ilustres que, con el propósito de elaborar sus tesis de graduación, estuvieron en el INCAP en carácter de becarios en la época en que se llevó a cabo el estudio descrito.

5 Jefe de la citada División.

Publicación INCAP E-390

Recibido: 23-10-1967

miento que las obtenidas por los métodos de pre-prensa solvente, o por solvente.

De los niveles calóricos empleados, esto es, 344, 376 y 403 calorías por 100 gramos, respectivamente, la concentración más baja produjo la mejor tasa de crecimiento a un nivel de gosipol dado. En general, se encontró una relación inversamente proporcional entre el nivel de gosipol y la ganancia de peso, y la concentración calórica acusó esta misma relación con el consumo de alimento.

La harina de soya, como suplemento, demostró ser más efectiva como promotora de ganancia ponderal que la harina de algodón. El índice de utilización del alimento fue superior en los casos en que se usó harina de soya. El agregado de harina de carne a estas raciones no produjo ningún beneficio. La sustitución del maíz por granillo de trigo y de harina de residuo de yuca causó menor aumento de peso y de conversión del alimento.

## INTRODUCCION

La escasez de proteína de origen animal para la alimentación humana, que enfrentan varios países latinoamericanos, se debe, en parte, a que esta industria no está lo suficientemente desarrollada para abastecer a toda la población. Los principales factores responsables de ello son la falta de raciones adecuadas —desde los puntos de vista nutricional y económico— y los métodos poco eficientes que se acostumbra emplear en la crianza de animales y su explotación con visos industriales. La necesidad de contar con raciones económicas y bien balanceadas para fomentar la industria avícola y ganadera, cuya elaboración se basa en productos nativos del área, se hace cada vez más imperativa. Sin embargo, la carencia de fuentes de proteína vegetal y animal apropiadas para estos fines, de nuevo constituye un factor limitante.

Una de las principales fuentes vegetales de proteína asequibles en el sector centroamericano es la harina de semilla de algodón. Durante mucho tiempo su uso en la industria animal estuvo restringido a los rumiantes, ya que la presencia de un principio tóxico —el gosipol— limitaba su incorporación en raciones para animales monogástricos (1, 2). De éstos, el cerdo es aparentemente el más susceptible, y en la literatura al respecto se indica que el uso de la harina de algodón en raciones destinadas a este animal debe ser moderado y siempre teniendo en mente que el contenido de gosipol libre no exceda de 0.01% (3). Sin embargo, investigaciones recientes corroboran los resultados obtenidos en 1917 (4) a efecto de que,

en el cerdo, la toxicidad del gosipol puede reducirse y hasta eliminarse mediante la adición de ciertos compuestos químicos como el hierro y el calcio (5-10).

La industria porcina está basada en el uso de raciones adecuadas que suplan las necesidades nutricionales de este animal, de acuerdo a su edad. Estas han sido diseñadas según los requerimientos del cerdo y tienen como principales variantes las concentraciones de proteína y de calorías utilizables. A medida que el animal aumenta de peso o de edad, la concentración de proteína se reduce y la de calorías se incrementa. Al mismo tiempo, el costo de la ración disminuye con el resultado consiguiente de remuneraciones adecuadas para el inversionista. Utilizando la información recabada en estudios previos (11), el presente trabajo, realizado en cerdos, tuvo como objetivo estudiar a) el efecto de la adición de hierro y calcio —a la ración— sobre la toxicidad del gosipol; b) la influencia de la densidad calórica de la ración sobre la tolerancia de este animal al gosipol, y c) evaluar un procedimiento de alimentación con raciones cuya proteína se derivase, en un alto porcentaje, de la harina de semilla de algodón.

## MATERIAL Y METODOS

Se emplearon tres tipos de harina de algodón en los diversos experimentos, cuya composición química, así como contenido de gosipol libre y total, y de lisina disponible, se detallan en el Cuadro N° 1. Una de las harinas fue preparada por el método de prensa hidráulica, otra por medio del proceso pre-prensa solvente, y la tercera por el procedimiento de extracción con hexano.

### A. Efecto de la adición de calcio y hierro sobre la toxicidad del gosipol.

Para esta fase del estudio se utilizaron 40 cerdos de la raza Duroc-Jersey, de seis a ocho semanas de edad, los cuales fueron distribuidos en 5 grupos experimentales. Cada grupo estuvo integrado por cuatro machos y cuatro hembras, con un peso promedio inicial similar.

La composición de las raciones administradas se describe en el Cuadro N° 2. La dieta con 50% de harina de soya se em-

CUADRO N° 1

## COMPOSICION QUIMICA DE LAS HARINAS DE SEMILLA DE ALGODON UTILIZADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO

Componentes	Procedimientos usados para la preparación de la harina de algodón		
	Prensa	Pre-prensa solvente	Extracción por solvente
Humedad, %	7.2	8.8	11.0
Grasa, %	6.3	4.4	2.5
Fibra cruda, %	11.4	3.3	10.9
Proteína (N × 6.25), %	40.6	51.5	35.8
Ceniza, %	6.7	7.5	6.6
Gosipol libre, %	0.039	0.054	0.126
Gosipol total, %	1.046	1.054	0.996
Epsilon-amino lisina, g/16 gN	3.00	3.80	3.29
Nitrógeno soluble en NaOH, %	43.2	71.8	83.2

pleó como control, y todas las restantes se elaboraron con 42% de harina de algodón, producida por el proceso pre-prensa solvente. El período experimental duró 12 semanas.

B. Efecto de la concentración de calorías sobre la toxicidad del gosipol.

En este ensayo se prepararon 12 raciones experimentales, 4 de las cuales, consideradas como basales, se detallan en el Cuadro N° 3. De éstas, la elaborada a partir de harina de soya fue usada como testigo, mientras que las otras 3 contenían 42% de harina de algodón obtenida por pre-prensa solvente, y aceite crudo de algodón hasta obtener, por cálculo, niveles de gosipol libre de aproximadamente 20, 50 y 80 mg 100 g de ración, respectivamente. Las 4 dietas basales se diseñaron de modo que contuvieran 344 calorías 100 g, usando para este fin aceite refinado de algodón que no contenía gosipol libre. Para obtener mayores concentraciones calóricas, en el segundo grupo de estas 4 raciones se duplicó el nivel de aceite para que aportase 376 calorías, y luego se triplicó en el tercer grupo

CUADRO N° 2

## COMPOSICION DE LAS RACIONES EXPERIMENTALES

INGREDIENTES	RACIONES N°				
	1	2	3	4	5
Harina de soya	50.00	—	—	—	—
Harina de semilla de algodón <sup>1</sup>	—	42.00	42.00	42.00	42.00
Salmiina <sup>2</sup>	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Levadura torula	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Aceite de hígado de bacalao <sup>3</sup>	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Sulfato ferroso (FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O)	—	—	0.10	—	0.10
Hidróxido de calcio (Ca(OH) <sub>2</sub> )	—	—	—	1.00	1.00
Maíz amarillo	45.30	53.30	53.20	52.30	52.20
Aurofac <sup>4</sup>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

<sup>1</sup> Borgonovo Hermanos, Zacatecoluca, El Salvador, C. A.

<sup>2</sup> Mezcla de minerales producida por la Compañía Riverside, ciudad de Guatemala, C. A. Contiene 33% de carbonato de calcio; 33% de harina de hueso; 33% de sal yodada, y 1% de elementos menores.

<sup>3</sup> Mcad Johnson International, Evansville, Indiana, EE. UU.

<sup>4</sup> Producto de American Cyanamid Co., Wayne, N. J., EE. UU. Fuente de aurofacina al 1.8 g por libra.

CUADRO N° 3

COMPOSICION DE LAS RACIONES EXPERIMENTALES USADAS PARA DETERMINAR EL EFECTO DE SU CONTENIDO CALORICO SOBRE LA TOXICIDAD DEL GOSIPOL<sup>1</sup>

INGREDIENTS	CONTENIDO DE GOSIPOL LIBRE, %			
	0	0.02	0.05	0.09
	RACION N°			
	1	2	3	4
Harina de soya	45.0	—	—	—
Harina de algodón <sup>2</sup>	—	42.0	42.0	42.0
Salmina <sup>3</sup>	3.0	3.0	3.0	3.0
Levadura torula	1.0	1.0	1.0	1.0
Harina de alfalfa	2.0	2.0	2.0	2.0
Aceite crudo de algodón <sup>4</sup>	—	—	3.0	6.0
Aceite refinado de algodón	6.0	6.0	3.0	—
Sulfato ferroso (FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O)	—	0.1	0.1	0.1
Hidróxido de calcio (Ca(OH) <sub>2</sub> )	—	1.0	1.0	1.0
Maíz molido	43.0	44.9	44.9	44.9
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

<sup>1</sup> Las raciones indicadas en este Cuadro contenían 344 calorías por 100 g. Los niveles de 376 y 403 calorías/100 g en el 2° y 3° grupos se obtuvieron usando 12.0 y 17.0% de aceite refinado de algodón, respectivamente.

<sup>2</sup> La harina de semilla de algodón contenía 50 mg de gosipol libre/100 g. (Véase nota 1 al pie del Cuadro N° 2.)

<sup>3</sup> Véase nota 2 al pie del Cuadro N° 2.

<sup>4</sup> El contenido de gosipol libre del aceite crudo de algodón era de 1.13%.

hasta obtener 403 calorías. Todas estas dietas fueron analizadas luego para determinar su contenido de proteína, el cual varió de 25.4% a 27.4%.

El ensayo incluyó 72 cerdos Duroc-Jersey de 6 a 8 semanas de edad, los cuales se distribuyeron, según su peso y sexo, entre los 12 tratamientos, de manera que cada grupo estuviese integrado por el mismo número de hembras y de machos, con un peso inicial promedio similar. Este experimento se desarrolló durante un período de 10 semanas.

C. Efecto de raciones a base de harina de semilla de algodón y de diversos cereales en el engorde de cerdos.

Ensayo N° 1

En el primero de los dos estudios que abarcó este experimento se emplearon los mismos 72 cerdos Duroc-Jersey, ya de 16 semanas de edad, utilizados en los estudios previos. Al igual que en el ensayo anterior, los animales también fueron distribuidos por peso y por sexo en 12 grupos, de modo que cada uno de ellos acusara el mismo peso inicial y consistiera del mismo número de hembras y machos. La composición de las raciones utilizadas en este experimento se presenta en el Cuadro N° 4. Según se aprecia, éstas se prepararon a base de maíz, maicillo y granillo de trigo, suplementadas con 10% de harina de soya y con 10% de harina de semilla de algodón obtenida por el método de pre-prensa solvente. Además, se investigó el efecto de la adición de harina de carne a estas raciones. Este trabajo se llevó a cabo en un total de 8 semanas.

Ensayo N° 2. - Sustitución del maíz por granillo de trigo.

Para la realización del segundo estudio se empleó un total de 36 cerdos, también de raza Duroc-Jersey, que, por espacio de 15 semanas, habían sido alimentados con raciones que contenían porcentajes altos de harina de semilla de algodón y que habían sido incluidos en los ensayos anteriores. Dichos animales se distribuyeron en 6 grupos homogéneos en función de su peso y sexo, quedando así asignados 6 animales por grupo, 3 machos y 3 hembras. En la formulación de las raciones sometidas a prueba (Cuadro N° 5) se tuvo particular cuidado de hacerlas isoproteicas, tratándose de sustituir el maíz por el granillo de trigo. Ya que este último subproducto tiene un porcentaje de proteína mucho más alto que el maíz,

CUADRO N° 4

COMPOSICION DE LAS RACIONES DE ENGORDE, A BASE DE MAIZ, MAICILLO Y GRANILLO DE TRIGO, SUPLEMENTADAS CON HARINAS DE SOYA O DE ALGODON Y DE CARNE

Ingredientes	RACION N°											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Maiz amarillo	84.0	84.0	—	—	—	—	80.0	80.0	—	—	—	—
Maicillo 1	—	—	84.0	84.0	—	—	—	—	80.0	80.0	—	—
Granillo de trigo 2	—	—	—	—	84.0	84.0	—	—	—	—	80.0	80.0
Harina de soya	10.0	—	10.0	—	10.0	—	1.0	—	10.0	—	10.0	—
Harina de semilla de algodón 3	—	1.0	—	1.1	—	1.1	—	1.1	—	10.0	—	10.0
Harina de carne	—	—	—	—	—	—	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Harina de alfalfa	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Salmi na 4	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Residuo de yuca	11.7	12.5	10.6	9.8	19.2	18.8	1.9	14.0	10.8	10.0	18.9	19.9

1 Sorghum vulgare.

2 S'irritato m s fino ccll am ento del trigo y consiste en las capas internas que estan entre el afrecho y la parte almidonada del end spermo.

3 Vease nota 1 al pie del Cuadr N° 2

4 Vease nota 2 al pie del Cuadr N° 2

CUADRO N° 5

COMPOSICION DE LAS RACIONES A BASE DE GRANILLO DE TRIGO, EN SUSTITUCION DEL MAIZ

INGREDIENTES	RACION N°					
	1	2	3	4	5	6
Maiz molido	87.0	87.0	66.0	45.0	23.0	—
Granillo de trigo	—	—	10.0	20.0	30.0	40.0
Harina de semilla de algodón 1	10.0	—	10.0	10.0	10.0	10.0
Harina de soya	—	10.0	—	—	—	—
Salmi na 2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Residuo de yuca	—	—	11.0	22.0	34.0	47.0
Totales	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

1.2 Véanse notas de los mismos números al pie del Cuadro N° 2.

hubo necesidad de buscar una fuente barata —de bajo contenido en nitrógeno— para completar la formulación de las raciones. En este caso particular se optó por utilizar el residuo que queda después de extraer el almidón de la yuca (*Manihot esculenta*). Este material contenía, por análisis, 14.8% de agua, 0.4% de grasa, 9.6% de fibra cruda, 1.0% de proteína y 1.1% de ceniza; el porcentaje restante (73.1) puede considerarse como de carbohidratos. Los animales fueron alimentados con las raciones descritas por un lapso de 8 semanas.

D. *Efecto del tipo de harina de algodón sobre el crecimiento y engorde de cerdos.*

En el desarrollo de este experimento se usaron las 4 raciones descritas en el Cuadro N° 6. Para evaluar la harina de algodón como fuente principal de proteína en la crianza del cerdo, se empleó como dieta control un alimento comercial específico (ración N° 1) y tres clases de harina de algodón: una producida por el proceso de pre-prensa solvente (ración N° 2), otra por el método de prensa (ración N° 3) y una última por el procedimiento de extracción con solvente (ración N° 4). Las harinas se incluyeron en cantidades que aportaban el mismo porcentaje de proteína (véase Cuadro N° 1). Además, las dietas fueron suplementadas con 0.75% de hidróxido de calcio (CaOH) y 0.075% de sulfato ferroso (FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O). Para suplir la deficiencia de lisina de las harinas de algodón se agregó, a las raciones, 6% de harina de pescado.

Para estos ensayos se emplearon 32 cerdos, 16 hembras y 16 machos, de cinco semanas de edad, de la misma raza Duroc-Jersey. Los animales fueron distribuidos, por sexo y por peso, entre los 4 grupos experimentales, de manera que en cada grupo hubiese igual número de hembras y machos, con el mismo peso inicial. El ensayo tuvo una duración de 20 semanas.

*Tratamiento de los animales*

En cada uno de los experimentos descritos, cada grupo de cerdos se alojó en porquerizas de 5 por 2 metros que se aseaban diariamente para mantenerlas en condiciones óptimas de higiene. Todo el tiempo del ensayo se administró a los animales agua y alimentación *ad libitum*. Semanalmente se registró su peso individual, así como la ingesta de alimento, por grupo.

CUADRO N° 6

COMPOSICION DE LAS RACIONES A BASE DE DISTINTOS TIPOS DE HARINA DE SEMILLA DE ALGODON

INGREDIENTES	RACION N°			
	1	2	3	4
Concentrado comercial <sup>1</sup>	100.0	—	—	—
Harina de semilla de algodón (pre-prensa solvente)	—	23.20	—	—
Harina de semilla de algodón (prensa)	—	—	25.00	—
Harina de semilla de algodón (solvente)	—	—	—	27.00
Hidróxido de calcio (Ca(OH) <sub>2</sub> )	—	0.75	0.75	0.75
Sulfato ferroso (FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O)	—	0.075	0.075	0.075
Salmina <sup>2</sup>	—	3.00	3.00	3.00
Premix <sup>3</sup>	—	0.05	0.05	0.05
Harina de pescado	—	8.00	8.00	8.00
Aurofac <sup>4</sup>	—	0.2	0.2	0.2
Maíz amarillo	—	64.725	62.925	60.925
Totales	100.0	100.0	100.0	100.0

<sup>1</sup> Lechoncina (producto fabricado por Purina de Guatemala) hasta que el animal acusaba 50 libras de peso, vivo; y después Jamonina (de la misma firma comercial) hasta que el cerdo alcanzó el peso de mercado.

<sup>2 y 4</sup> Véanse notas de los mismos números al pie del Cuadro N° 2.

<sup>3</sup> Mezcla vitamínica y fuente de elementos menores (manufacturado por Chas. Pfizer & Co., Inc., New York, N. Y., EE.UU.).

## COMPORTAMIENTO DE LOS CERDOS DURANTE EL PERIODO EXPERIMENTAL

RACIONES	Gosipol libre mg/100 g	P E S O		Índice de utilización del alimento <sup>1</sup>	Mortalidad	Cerdos depigmentados
		Inicial kg	Aumento kg			
Dieta control (harina de soya)	—	8.1	43.7	2.79	0/8	0/8
Harina de semilla de algodón <sup>2</sup>	30	8.1	24.8	3.07	0/8	6/8
Harina de semilla de algodón + 0.1% FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	20	8.1	30.0	2.87	0/8	5/8
Harina de semilla de algodón + 1.0% Ca(OH) <sub>2</sub>	26	8.2	23.7	3.16	1/8*	1/7
Harina de semilla de algodón + 0.1% FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O + 1.0% Ca(OH) <sub>2</sub>	19	8.1	31.8	3.20	0/8	0/8

<sup>1</sup> alimento consumido

ganancia de peso

<sup>2</sup> Véase nota 1 al pie del Cuadro N° 2.

\* Muerte debida a hernia diafragmática.

## RESULTADOS

## A. Efecto de la adición de calcio y hierro sobre la toxicidad del gosipol.

Los datos referentes al crecimiento, mortalidad y depigmentación del pelo, así como de concentración de gosipol libre en las dietas administradas, constan en el Cuadro N° 7. Su examen revela que los animales que recibieron la ración testigo, a base de soya, acusaron un aumento de peso significativamente mayor que los alimentados con la dieta a base de harina de algodón suplementada con hierro o calcio, ya fuesen solos o en combinación.

La adición de hierro y calcio en forma combinada redundó en una respuesta ligeramente mayor en cuanto a incremento ponderal e índice de eficiencia del alimento, en comparación con el producido por la dieta suplementada con hierro únicamente. Sin embargo, en función de la apariencia general de los animales, pudo notarse que —definitivamente— la combinación de ambos compuestos les permitía mantener el color natural de su pelambre, ya que la depigmentación observada fue de 0/8 con la suplementación de hierro y calcio combinados, en contraste con 5/8 de cerdos depigmentados que se constató entre los animales cuya ración sólo contenía hierro.

## B. Efecto de la concentración de calorías sobre la toxicidad del gosipol.

El Cuadro N° 8 ilustra los cambios observados en el peso de los animales que consumieron las raciones con diferentes contenidos de gosipol, preparadas de modo que aportasen tres niveles de calorías. Según se observa, los cerdos alimentados con la ración testigo, a base de harina de soya, aumentaron más de peso que aquellos que recibieron la ración a base de harina de algodón. Se comprobó un mayor incremento ponderal en los animales a los que se suministró la ración que contenía solamente 344 calorías 100 g que en los que recibieron las dietas con 376 ó 403 calorías 100 g, tanto en el caso de las dietas a base de harina de soya como en el de las elaboradas con harina de algodón. Los aumentos en peso logrados a estos dos niveles calóricos fueron semejantes.

En lo que respecta a los cerdos alimentados con harina de algodón puede notarse que el incremento ponderal que éstos

## AUMENTO PONDERAL DE CERDOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES CALORICOS Y DE GOSIPOL LIBRE EN LA RACION

Fuente de proteína	Calorías por 100 g	Gosipol libre %	Peso promedio inicial kg	Aumento en peso kg	Alimento consumido kg	Indice de utilización del alimento <sup>1</sup>
Harinas de:						
Soya (testigo)	344	0	9.5	36.2	535	2.46
Semilla de algodón	"	0.02	9.6	29.8	515	2.88
Semilla de algodón	"	0.05	9.7	27.7	464	2.78
Semilla de algodón	"	0.08	9.7	28.4	473	2.77
Soya (testigo)	376	0	9.7	30.0	418	2.33
Semilla de algodón	"	0.02	9.7	29.1	458	2.62
Semilla de algodón	"	0.05	9.6	26.0	378	2.42
Semilla de algodón	"	0.08	9.6	21.3	365	2.86
Soya (testigo)	403	0	9.3	31.5	369	1.96
Semilla de algodón	"	0.02	9.5	28.5	411	2.40
Semilla de algodón	"	0.05	9.6	20.5	353	2.87
Semilla de algodón	"	0.08	10.1	26.0	377	2.41

<sup>1</sup> Véase nota 1 al pie del Cuadro N° 7.

acusaron fue mayor en los que consumieron las raciones con 344 calorías/100 g en cada nivel de gosipol. No obstante, en general, los aumentos de peso de los animales que recibieron las raciones con niveles calóricos más altos no fueron significativamente menores, salvo el grupo cuya dieta contenía 376 calorías y 0.05% de gosipol libre y el que recibió la ración con 403 calorías y 0.05% de gosipol libre. Puede observarse también que, en términos generales, en cada uno de los niveles calóricos utilizados, las mayores concentraciones de gosipol libre produjeron las menores ganancias en peso.

El consumo de alimento, que también se da a conocer en el mismo Cuadro N° 8, fue menor conforme el nivel calórico de la ración aumentada y, dentro de cada nivel de calorías, a medida que la concentración de gosipol libre era mayor. Por el contrario, los índices de utilización del alimento fueron superiores conforme el nivel calórico ascendía; sin embargo, cabe señalar que el uso de mayores niveles de gosipol libre tendía a reducirlo.

A pesar de que las concentraciones de gosipol empleadas fueron relativamente altas, no hubo mortalidad en ninguno de los grupos experimentales.

C. *Efecto de raciones a base de cereales, suplementadas con harinas de semilla de algodón, de frijol de soya y de carne, en el engorde de cerdos.*

Los resultados del primer experimento que abarcó este estudio se detallan en el Cuadro N° 9. Como lo revelan los datos, el suplemento de harina de soya a los dos cereales (maíz y maicillo, respectivamente), produjo mejor respuesta que el agregado de harina de algodón. En el caso del granillo de trigo, los aumentos de peso —evaluados en función del suplemento utilizado— fueron inferiores a los obtenidos con maíz o maicillo. Los índices de utilización del alimento guardan correspondencia con los incrementos ponderales; sin embargo, en este parámetro el granillo suplementado con harina de soya produjo un índice superior que el resultante de las dietas a base de maíz o maicillo enriquecidas con harina de algodón, y similar al que rindieron las raciones preparadas con maíz y maicillo y suplementadas con harina de soya. El mayor aumento de peso y el mejor índice de utilización se obtuvieron con el maicillo suplementado con harina de soya.

AUMENTO PONDERAL DE CERDOS ALIMENTADOS CON RACIONES A BASE DE CEREALES, SUPLEMENTADAS CON HARINAS DE SOYA O DE ALGODON Y DE CARNE

RACIONES	P E S O		Indice de utilización del alimento <sup>1</sup>
	Inicial kg	Aumento kg	
Maíz + harina de semilla de algodón	42.9	44.9	3.83
Maíz + harina de soya	43.3	48.0	3.56
Maicillo + harina de soya	43.2	50.8	3.46
Maicillo + harina de semilla de algodón	43.6	40.7	3.86
Granillo de trigo + harina de soya	43.7	31.5	3.59
Granillo de trigo + harina de semilla de algodón	44.0	30.0	3.96
Maíz + harina de soya + harina de carne	43.9	46.6	3.58
Maíz + harina de semilla de algodón + harina de carne	43.6	37.0	4.05
Maicillo + harina de soya + harina de carne	43.5	40.0	3.71
Maicillo + harina de semilla de algodón + harina de carne	43.7	29.9	4.56
Granillo + harina de soya + harina de carne	43.8	31.6	3.83
Granillo + harina de semilla de algodón + harina de carne	44.0	32.0	3.78

<sup>1</sup> Véase nota 1 al pie del Cuadro N° 7.

En la parte inferior del mismo Cuadro se presentan los resultados obtenidos con las raciones elaboradas con los dos cereales y el granillo de trigo, a las que se agregó harina de soya o de algodón, con el suplemento adicional de harina de carne. En ninguno de los casos pudo este último suplemento inducir mejores aumentos ponderales que los obtenidos con las dietas que no lo contenían, excepto en el caso del maíz enriquecido con harina de soya. Lo mismo cabe decir con respecto a los índices de utilización del alimento.

En el Cuadro N° 10 se presentan los cambios que en cuanto a peso acusaron los animales alimentados con las diferentes raciones en las que el maíz fue reemplazado por granillo de

CUADRO N° 10  
RESPUESTA PONDERAL DE LOS CERDOS ALIMENTADOS CON RACIONES A BASE DE GRANILLO DE TRIGO EN SUBSTITUCION DEL MAIZ

RACIONES	P E S O		Indice de utilización del alimento <sup>1</sup>	% de proteína en dieta
	Inicial kg	Final kg		
Maíz + harina de semilla de algodón	56.8	93.5	4.20	11.4
Maíz + harina de soya	57.0	93.3	4.12	11.6
Maíz + granillo de trigo + harina de semilla de algodón + residuo de yuca	57.0	91.0	4.16	11.2
Maíz + granillo de trigo + harina de semilla de algodón + residuo de yuca	56.8	89.3	4.45	11.8
Maíz + granillo de trigo + harina de semilla de algodón + residuo de yuca	56.8	84.2	4.63	12.6
Granillo de trigo + harina de semilla de algodón + residuo de yuca	57.0	76.8	5.72	12.6

<sup>1</sup> Véase nota 1 al pie del Cuadro N° 7.

trigo y por residuos de yuca. En este caso puede notarse que en los cerdos que habían alcanzado 16 semanas de edad no hubo ninguna diferencia resultante del uso de harinas de soya o de algodón como suplementos de las raciones. Ello se debe a que a esta edad ya no son tan críticas las diferencias entre fuentes de proteína, como sucede en el caso de cerdos más jóvenes. El aumento del residuo de yuca en la dieta redujo los incrementos ponderales, así como los índices de utilización del alimento.

*D. Efecto del tipo de harina de semilla de algodón sobre el crecimiento y engorde de cerdos.*

Los datos resultantes de este estudio se suman en el Cuadro N° 11. En este caso, el alimento comercial utilizado como control indujo, en las 20 semanas que abarcó el ensayo, el mayor aumento en peso, superior al producido por cualquiera de las tres harinas de algodón. Entre éstas, los mejores resultados se obtuvieron con la harina de algodón producida por prensa, mientras que las procesadas por solvente, o por pre-prensa y solvente, dieron resultados parecidos.

En cuanto a la utilización del alimento, salta a la vista que la harina de semilla de algodón producida por prensa fue la mejor aprovechada, superando aún al producto comercial.

## DISCUSION

Los resultados del trabajo aquí descrito señalan, pues, que, conforme los hallazgos de Hill y Totsuka (12) en sus estudios en polluelos, los niveles calóricos de la ración parecen tener un pequeño efecto en la utilización de la harina de algodón por cerdos en proceso de crecimiento, así como sobre su tolerancia al gopisol. Esta suposición la corrobora el leve descenso ponderal que los cerdos incluidos en este estudio acusaron conforme el nivel de gopisol se elevaba, así como los mejores índices obtenidos de utilización del alimento. El efecto protector logrado a un nivel calórico mayor puede atribuirse al menor consumo del alimento a medida que las calorías de la ración aumentaban. Este menor consumo fue responsable de ingestas menores de gopisol libre y, por consiguiente, de un mejor comportamiento por parte del animal. Sin embargo, es posible que no se haya podido detectar un efecto mayor de

CUADRO N° 11

COMPORTAMIENTO DE LOS CERDOS ALIMENTADOS CON RACIONES A BASE DE HARINAS DE SEMILLA DE ALGODON DESDE EL INICIO HASTA EL FINAL DEL EXPERIMENTO  
(20 semanas)

Grupo N°	RACIONES	P E S O			Mortalidad	Índice de utilización del alimento <sup>1</sup>
		Inicial kg	Final kg	Aumento kg		
1	Lechoncina	7.27	90.03	82.76	0/8	3.97
2	Harina de semilla de algodón (pre-prensa solvente)	7.14	65.03	57.89	0/8	3.84
3	Harina de semilla de algodón (prensa)	7.27	73.00	65.73	0/8	3.66
4	Harina de semilla de algodón (solvente)	7.18	66.4	59.22	1/8*	4.28

<sup>1</sup> Véase nota 1 al pie del Cuadro N° 7.

\* Muerte ocasionada por neumonía infecciosa debida a *Pasteurella multocida*.

los niveles más altos de calorías, a causa de que el menor consumo de alimento implica también una ingesta más reducida de proteína. Puesto que la proteína del algodón es deficiente en lisina (13, 14), una menor ingesta proteica se refleja en una deficiencia mayor de este aminoácido y, desde luego, en el menor crecimiento del animal.

Es de interés destacar que, no obstante los altos niveles de gossipol libre en las raciones, no hubo mortalidad entre los animales, hecho que probablemente se haya debido a la presencia de hierro y de calcio en la ración, minerales que según datos de Jarquín *et al.* (9), Braham y colaboradores (10) y Bressani *et al.* (14), así como de acuerdo a los que se dan a conocer en este trabajo— protegen al cerdo contra la acción tóxica del gossipol, reduciendo las concentraciones de esta sustancia en la ración y, probablemente, al nivel gastrointestinal. En el presente caso es posible que la inclusión de estos dos minerales en las raciones evitara la producción de un efecto más ostensible del nivel calórico sobre la tolerancia del gossipol por parte del cerdo.

En los estudios llevados a cabo sobre el engorde de cerdos se usó 10% de harina de soya y 10% de harina de algodón con el propósito de que las raciones preparadas a base de maíz, maicillo o granillo de trigo contuvieran un mínimo de 12% de proteína —que es el nivel proteico recomendado para engordar y llevar a peso de mercado a los cerdos (15)— y para que la proteína de los suplementos contrarreste las deficiencias de aminoácidos de los cereales. Los resultados obtenidos con la harina de algodón fueron menos satisfactorios que los producidos por la harina de soya, hallazgo que era de esperar en vista de que la proteína de soya constituye una mejor fuente de lisina que la proteína de algodón. Es un hecho conocido que la lisina es el aminoácido más deficiente en las proteínas del maíz y del maicillo (16-18), aunque posiblemente no lo sea en la del granillo de trigo.

Los resultados obtenidos con este último fueron desconcertantes, considerando que su valor nutritivo es superior que el del maíz y del maicillo. Una posible explicación puede ser la concentración proteica de las raciones preparadas con granillo, subproducto que contiene entre 16 y 19% de proteína (15); esta cantidad es el doble de la que se encuentra en el maíz o en el maicillo. Con los suplementos de soya y de algo-

dón, los cuales se agregaron en un 10% de la ración, el nivel proteico de ésta subió en un 5% en cada caso. Ello significa que las raciones a base de granillo de trigo contenían por lo menos dos veces más proteínas que las preparadas con maíz o maicillo. Los análisis de proteína efectuados en las raciones a base de granillo confirmaron que, en efecto, su contenido proteico era mayor. Por consiguiente, las dietas con granillo eran deficientes en calorías directamente utilizables. Es posible, pues, que los animales hayan utilizado la proteína en exceso como fuente calórica, siendo esta conversión poco eficiente. Otra probable explicación podría ser la consistencia física de la dieta, ya que el granillo de trigo, en el porcentaje empleado, muy a menudo causaba dificultades respiratorias a los cerdos. En base de esta observación, y teniendo en cuenta las razones expuestas, podría sugerirse la conveniencia de utilizar cierto porcentaje de melaza en dietas de esta índole a fin de mejorar su textura y elevar el contenido calórico de las mismas.

A pesar de que la harina de carne es buena fuente del aminoácido lisina (15), este producto no indujo mejoras en la utilización de los cereales suplementados con harinas de soya o de algodón. Estos resultados sugieren, así, que la harina de carne no es un suplemento adecuado para la alimentación de cerdos en esta etapa de crecimiento (19), como lo han indicado ciertos investigadores de la Estación Experimental de Mississippi, Estados Unidos. Es también posible que la harina de carne utilizada haya sido muy pobre en lisina disponible debido al proceso de elaboración.

Los incrementos ponderales diarios obtenidos en este estudio fueron relativamente buenos, ya que en un término de aproximadamente 100 días se logró producir un lote de animales con un peso promedio de 94 kg (206 libras), con las raciones a base de maicillo, y un poco menores con los otros productos estudiados. Vistos desde el ángulo económico, los resultados no son muy favorables. El granillo, un subproducto abundante en la región y más económico que el maíz o el maicillo en ciertas épocas del año, puede ser utilizado con mayor eficiencia para producir más alimentos de origen animal para la población, por lo que sería conveniente emprender nuevos estudios encaminados a determinar su mejor utilización y aprovechamiento en la nutrición porcina.

De acuerdo con los resultados que aquí se comentan, el granillo de trigo puede sustituir al maíz hasta en un 42%, sin ocasionar diferencias muy notorias con el peso final de los animales ni en la eficiencia de utilización del alimento. Por otro lado, parece ser que el residuo de yuca es un material adecuado a utilizar como relleno en estas raciones, que comúnmente no ha sido empleado en la nutrición animal y, mucho menos aún, en el caso de animales monogástricos. A pesar de ello y posiblemente debido a su concentración relativamente alta de fibra cruda, dicho residuo produjo menores aumentos ponderales conforme su cantidad en la ración aumentaba.

Los resultados del último experimento muestran que la harina de algodón puede utilizarse eficientemente en la industria porcina, siempre que ésta sea suplementada debidamente con sales minerales que controlan la toxicidad del gossipol. Desafortunadamente, los aumentos en peso obtenidos con las harinas de algodón fueron inferiores a los que produjo el concentrado comercial, aun cuando con dos de esas harinas los índices de utilización del alimento fueron superiores. Existen varias posibles razones que explican el menor crecimiento de los cerdos alimentados con algodón. Si se asume que el hierro y el calcio inactivan el gossipol, como ya se ha podido establecer (9, 10), la menor tasa de crecimiento podría atribuirse no al gossipol presente en la ración, sino más bien a un desbalance mineral, especialmente entre el calcio y el fósforo, así como a cierto desequilibrio entre otros minerales, principalmente los minerales traza, que en las cantidades requeridas por el cerdo se ven afectadas por el exceso de otros minerales (20). Estas posibilidades deberían, pues, ser estudiadas más a fondo. El menor crecimiento no puede atribuirse a la calidad de la proteína del algodón, ya que las raciones fueron enriquecidas con harina de pescado, producto que constituye una excelente fuente de lisina (21), aminoácido en el que es deficiente la proteína del algodón (22). Además, se ha notificado que 4% de harina de pescado es un suplemento eficiente de la proteína del algodón (23). Se notó, en estos estudios, que ciertos cerdos alimentados con raciones que contenían harina de algodón no respondieron muy bien, en comparación con otros animales del mismo grupo. Si esos casos no se toman en cuenta, los resultados con la harina de algodón serían más prometedores.

El mejor índice de eficiencia de utilización del alimento logrado con las harinas de algodón puede explicarse a partir del consumo alimentario. Siendo animales menores que los del grupo usado como control, el consumo fue menor y, consecuentemente, la eficiencia también fue mejor. Por el contrario, los cerdos que integraban el grupo testigo ya habían llegado a un peso en el que la eficiencia de conversión de alimento a tejido corporal disminuyó, necesitándose, en estas condiciones, una ración de composición diferente.

#### SUMMARY

##### Studies on the use of cottonseed protein concentrate for growing and fattening swine

Several experiments were conducted in Duroc-Jersey pigs with the purpose of determining the effect of the addition of calcium and iron on the toxicity of gossypol. Likewise, the effect of caloric density on gossypol toxicity was studied, in diets containing 42% cottonseed meal. Another purpose was to establish the effects of cottonseed and of soybean meal as protein supplements of rations for these animals, with wheat middlings partially substituting corn.

Findings on the use of ration containing 42% cottonseed flour showed that the simultaneous addition of calcium and iron induced better growth rates than supplementation with iron alone, preventing hair depigmentation which is observed in Duroc-Jersey pigs consuming high levels of cottonseed meal. Likewise, the meal processed by the press method led to better growth than those obtained from the pre press solvent or solvent extraction methods.

From the caloric levels employed: 344, 376 and 403 cal per 100 g, respectively, the lowest concentration produced the best growth rate at a given level of gossypol. In general, an inversely proportional ratio was found between gossypol level and weight gain, and caloric concentration showed this same ratio with food intake.

It was found that soy meal, as a supplement, is more effective as a promoter of weight gain than cottonseed flour. The index of food utilization was higher when soybean flour was used. The aggregate of meat flour to these rations did not yield any benefit. The substitution of wheat middlings and cassava residue flour resulted in less weight increase and food conversion.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) Altschul, A. M., C. M. Lyman & F. H. Thurber.—Cottonseed Meal. In: *Processed Plant Protein Food Stuffs*, ed. by A. M. Altschul. New York, Academic Press, 1958, p. 469-534.
- (2) Phelps, R. A.—Cottonseed meal for nonruminants. In: *Proceedings*

- of the Semi-Annual Meeting of American Feed Manufacturers Association, Nutrition Council, Nov. 26-27, 1962, p. 10-14.
- (3) Hale, F. & C. M. Lyman.—Effect of protein level in the ration on gossypol tolerance in growing-fattening pigs. *J. Animal Sci.*, 16: 364-369, 1957.
  - (4) Withers, W. A. & F. E. Carruth.—Iron as an antidote to cottonseed meal injury. *J. Biol. Chem.*, 32: 245-257, 1917.
  - (5) Gallup, W. D.—The value of iron salts in counteracting the toxic effects of gossypol. *J. Biol. Chem.*, 77: 437-449, 1928.
  - (6) Barrick, E. R.—In: *Proceedings of a Research Conference on Processing as Related to Cottonseed Meal Nutrition*. New Orleans, La., Southern Regional Laboratory, 1950, p. 42.
  - (7) Hale, F. & C. M. Lyman.—Effective utilization of cottonseed meal in swine rations. *J. Animal Sci.*, 21: 998, 1962.
  - (8) Clawson, A. J., F. H. Smith & E. R. Barrick. Accumulation of gossypol in the liver and factors influencing the toxicity of injected gossypol. *J. Animal Sci.*, 21: 911-915, 1962.
  - (9) Jarquín, R., R. Bressani, L. G. Elías, C. Tejada, M. González & J. E. Braham.—Effect of cooking and calcium and iron supplementation on gossypol toxicity in swine. *J. Agr. and Food Chem.*, 14: 275-279, 1966.
  - (10) Braham, J. E., R. Jarquín, L. G. Elías, M. González & R. Bressani. Effect of calcium and gossypol on the performance of swine and on certain enzymes and other blood constituents. *J. Nutrition*, 91: 47-54, 1967.
  - (11) Braham, J. E., R. Bressani, N. R. Escobar & A. Aguirre.—Uso de la torta de semilla de algodón en raciones balanceadas para cerdos en proceso de crecimiento. *Turrialba*, 12: 75-79, 1962.
  - (12) Hill, F. W. & Totsuka, K.—Studies of the metabolizable energy of cottonseed meals for chicks, with particular reference to the effects of gossypol. *Poultry Sci.*, 43: 362-370, 1964.
  - (13) Conkerton, E. J. & V. L. Frampton.—Reaction of gossypol with free  $\epsilon$ -amino groups of lysine in proteins. *Arch. Biochem. Biophys.*, 81: 130-134, 1959.
  - (14) Bressani, R., L. G. Elías, R. Jarquín & J. E. Braham.—All-vegetable protein mixtures for human feeding. XIII. Effect of cooking mixtures containing cottonseed flour on free gossypol content. *Food Tech.*, 18: 95-99, 1964.
  - (15) Morrison, F. B.—Assisted by E. B. Morrison & S. H. Morrison. *Feeds and Feeding*. 22nd. edition. Clinton, Iowa, The Morrison Publishing Company, 1959.
  - (16) Bressani, R. & B. Ríos.—The chemical and essential amino acid composition of twenty-five selections of grain sorghum. *Cereal Chem.*, 39: 50-58, 1962.
  - (17) Pond, W. G., J. C. Hillier & D. A. Benton.—The amino acid adequacy of milo (grain sorghum) for the growth of rats. *J. Nutrition*, 65: 493-502, 1958.
  - (18) Hogan, A. G., G. T. Gillespie, O. Koçtürk, B. L. O'Dell & L. M. Flynn.—The percentage of protein in corn and its nutritional properties. *J. Nutrition*, 57: 225-239, 1955.

- (19) Scarborough, C. C.—*Cría del Ganado Porcino*. 1ª ed. Impreso en México (A. I. D.), p. 144, 1965.
- (20) Cabell, C. A. & I. P. Earle.—Additive effect of calcium and phosphorus on utilization of dietary zinc. *J. Animal Sci.*, 24: 800-804, 1965.
- (21) Orr, M. L. & B. K. Watt.—*Amino Acid Content of Foods*. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture, 1957. Home Economics Research Report No. 4.
- (22) Braham, J. E., L. G. Elías & R. Bressani.—Factors affecting the nutritional quality of cottonseed oil meals. *J. Food Sci.*, 30: 531-537, 1965.
- (23) Bressani, R.—Development of food products. Formulated vegetable mixtures. In: *Proceedings of the Western Hemisphere Nutrition Congress*. Organized by the Council on Food and Nutrition, American Medical Association, November 8-11, 1965. Chicago, Ill., AMA, 1966. p. 86-90.