



05SS-4
Reimpresión de
Serie ES-24
Enero 1980

Semilla y torta (harina) de soya en alimentación de cerdos

JULIAN BUITRAGO A.
ROBERTO PORTELA E.
IVAN JIMENEZ P.

NO QUITAR
CARATULA

Instituto Colombiano Agropecuario, ICA
Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT

El CIAT es una institución sin ánimo de lucro, dedicada al desarrollo agrícola y económico de las zonas bajas tropicales. Su sede principal ocupa un terreno de 522 hectáreas, propiedad del Gobierno de Colombia, el cual en su calidad de país anfitrión, brinda apoyo a las actividades del CIAT. La subse de Quilichao, situada cerca de Santander de Quilichao, Departamento del Cauca, tiene una extensión de 184 hectáreas y es propiedad de FES (Fundación para la Educación Superior), la cual arrienda el terreno al CIAT. El Centro trabaja en colaboración con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en varias de sus estaciones experimentales y también con agencias agrícolas a nivel nacional en otros países de América Latina. Varios miembros del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional financian los programas del CIAT. Los donantes en 1979 son: la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID), la Fundación Rockefeller, la Fundación Ford, la Fundación W.K. Kellogg, la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA), el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) por intermedio de la Asociación Internacional del Desarrollo (IDA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Comunidad Económica Europea (EEC) y los gobiernos de Australia, Bélgica, la República Federal Alemana, Holanda, el Japón, Noruega, Suiza y el Reino Unido. Además, algunas de estas entidades, el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo del Canadá (IDRC), y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), financian proyectos especiales. La información y conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente la posición de ninguna de las instituciones, fundaciones o gobiernos mencionados.

CIAT-Col.
000222



Semilla y torta (harina) de soya en alimentación de cerdos



JULIAN BUITRAGO A.
ROBERTO PORTELA E.
IVAN JIMENEZ P.

25 MAYO 1981

50938

8496

Instituto Colombiano Agropecuario ICA
Apartado Aéreo 7984 Bogotá, Colombia
Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT
Apartado Aéreo 67-13, Cali, Colombia
Cables CINATROP

Este boletín ha sido preparado con el objeto de ofrecer en forma resumida la información actualizada sobre la utilización de semilla integral y de la harina o torta de soya en alimentación de cerdos. Se presenta como material de referencia, para porcicultores y especialistas en producción porcina, incluyendo los resultados de trabajos recientes que ofrecen una revisión breve sobre la situación actual de la investigación con frijol soya (Glycine max) en nutrición porcina.

En la primera parte del trabajo se analizan algunos aspectos generales sobre el valor nutritivo de ambos productos y sobre los cambios que se logran mediante los diferentes sistemas de procesamiento. La parte complementaria del trabajo está dedicada a presentar los resultados de varias investigaciones utilizando torta o semilla de soya como fuente proteínica en raciones para cerdos, especialmente durante las fases de crecimiento y acabado.

La mayor parte de la información presentada se basa en los resultados de experimentos efectuados mediante proyectos de cooperación entre el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	7
VALOR NUTRITIVO DE SEMILLA Y TORTA DE SOYA	8
Proteína	8
Energía	9
Alteraciones en el valor nutritivo	9
METODOS DE PROCESAMIENTO	10
Semilla integral de soya	10
Torta de soya	11
RACIONES PARA CERDOS A BASE DE SEMILLA O TORTA DE SOYA	12
Torta de soya	12
Semilla de soya	15
RESUMEN Y CONCLUSIONES	28
REFERENCIAS	31

SEMILLA Y TORTA (HARINA) DE SOYA EN ALIMENTACION DE CERDOS

Julián Buitrago A.
Roberto Portela C.
Iván Jiménez P.

INTRODUCCION

La soya es la semilla oleaginosa que ofrece mayor cantidad y mejor calidad de proteína entre los productos vegetales utilizados en alimentación animal. Generalmente la semilla integral contiene, en promedio, 38 por ciento de proteína cruda, 18 por ciento de grasa y 5 por ciento de fibra.

Las exigencias agronómicas de este producto limitan su cultivo comercial a unas pocas regiones de América Latina, que incluyen principalmente a Brasil (2.2 millones de toneladas), México (150.000 toneladas), Colombia (130.000 toneladas), Argentina (60.000 toneladas) y Paraguay (52.000 toneladas). La producción total de semilla de soya en Latinoamérica es aproximadamente igual a la producción de semilla de algodón (3 millones de toneladas por año), pero el volumen en términos de proteína es superior para la soya, gracias a la mayor concentración de proteína cruda en esta semilla.

En nutrición animal existe la posibilidad de utilizar la semilla de soya en dos formas principales: como semilla integral antes de ser procesada o como torta (harina) de soya, subproducto resultante después de haber extraído el aceite a la semilla. Para la eficiente utilización de la semilla de soya en nutrición de cerdos, se requiere que sea tratada por medio de calor, con el fin de destruir los factores inhibidores de la tripsina, presentes en la semilla cruda.

Debido a que el valor nutritivo tanto de la semilla de soya cocida como de la torta de soya es excelente, la decisión para utilizar cualquiera de estos dos productos depende fundamentalmente del aspecto económico.

VALOR NUTRITIVO DE SEMILLA Y TORTA DE SOYA

En el Cuadro 1 se presenta la composición química para la semilla de soya integral y para dos tipos de torta de soya comercial con diferente contenido proteínico. Las principales diferencias entre estos productos se refieren al contenido de proteína y grasa. La torta de soya tiene mayor concentración de proteína y menor contenido de extracto etéreo que la semilla de soya. Por el contrario, la semilla integral contiene alrededor de 18 por ciento de grasa y 38 por ciento de proteína, por lo cual es un producto con mayor valor energético y menor valor proteínico.

Proteína

Tanto la semilla integral como la torta de soya procesadas en forma adecuada, contienen proteína de excelente calidad nutritiva. Según el proceso utilizado en la extracción del aceite, la torta de soya debe contener entre 42 y 51 por ciento de proteína cruda. La semilla integral contiene generalmente entre 37 y 38 por ciento de proteína.

Estos productos tienen un buen balance de aminoácidos, exceptuando la metionina, que es el primer aminoácido limitante para cerdos, en ambos ca-

Cuadro 1. Composición química de torta y semilla integral de soya.

Componentes (%)	Semilla de Soya	Torta de Soya	
		Expeler	Solvente
Materia seca	87.9	90.0	91.0
Proteína	38.0	44.0	46.1
Extracto etéreo	17.8	4.7	1.0
Fibra cruda	5.5	6.0	5.0
Cenizas	5.1	5.7	5.9
Lisina	1.90	2.70	2.90
Metionina	0.39	0.80	0.70
Triptofano	0.36	0.60	0.70
Calcio	0.27	0.27	0.26
Fósforo	0.49	0.63	0.62

Los aminoácidos restantes son proporcionalmente superiores a los requerimientos del cerdo cuando la soya se utiliza para suministrar toda la proteína de la ración. Sin embargo, el balance de aminoácidos en la ración depende de la mezcla de ingredientes que se estén utilizando en combinación con soya. A medida que se reduce la cantidad de proteína aportada por la soya, otros aminoácidos pueden resultar limitantes en caso de que no sean aportados en cantidad suficiente por los demás ingredientes. Después de la metionina, pueden resultar limitantes la lisina, el triptofano y la treonina en la proteína aportada por la soya.

Energía

Debido a la mayor concentración de aceite (18 por ciento), la semilla integral aporta una mayor cantidad de energía (4.500 Kcal. de energía digestible/kg) que la torta de soya (3.800 Kcal. de energía digestible/kg). El mayor nivel de energía digestible o metabolizable en raciones a base de semilla integral es la principal explicación para la mejor eficiencia de conversión alimenticia que se observa en cerdos en crecimiento y acabado alimentados con este tipo de raciones.

Por otra parte el aceite de la semilla de soya contiene gran cantidad de ácidos grasos no saturados (especialmente ácido linoleico), lo cual influye en la grasa de depósito del cerdo. Los canales de cerdos alimentados con semilla de soya generalmente tienen menos firmeza, un mayor índice de yodo (mayor contenido de ácidos grasos no saturados) y grasa de consistencia blanda. La grasa de estos animales contiene menos ácido oleico y más ácido linoleico que la de cerdos alimentados con torta de soya.

Alteraciones en el valor nutritivo

Los principales problemas para la utilización de los productos de soya se presentan debido a un deficiente procesamiento o por adulteración con otros productos de baja calidad, incluyendo la adición de cascarilla de soya, lo cual ocasiona un incremento en la fibra cruda, que en condiciones normales no debe ser superior a 6-7 por ciento en la torta y 5-6 por ciento en la semilla.

La mejor indicación del grado de calentamiento en los productos de soya se logra mediante la determinación de la ureasa. Esta prueba permite medir la

ureasa residual a través de cambios en el pH. En semilla sin grasa que tenga un incremento en el pH por encima de 0.3 puede sospecharse de que haya sido sometida a un calentamiento deficiente. Si el incremento es menor de 0.02, puede sospecharse de un calentamiento excesivo.

METODOS DE PROCESAMIENTO

Semilla integral de soya

La semilla cruda contiene sustancias antimetabólicas (antitripsina), que inhiben los procesos proteolíticos normales durante la digestión del alimento. Un tratamiento térmico adecuado destruye estas antienzimas, además de inhibir la acción tóxica de la hemaglutinina e incrementar la disponibilidad de los aminoácidos cistina y metionina, gracias a una más rápida liberación mediante la acción enzimática.

La intensidad de la temperatura y la duración del tratamiento calórico influyen directamente en los cambios de la calidad proteica del producto. Un tratamiento demasiado severo destruye los efectos favorables que se pueden lograr con un tratamiento moderado. El tratamiento ideal debe proporcionar la temperatura y condiciones adecuadas que permitan la destrucción de las anti-enzimas, pero que no afecten la disponibilidad de aminoácidos o resulten en alteración de otros componentes nutritivos en la semilla de soya.

Existen diversos métodos para procesar la semilla de soya, que incluyen tratamientos con calor húmedo o calor seco. Entre los sistemas más utilizados se pueden mencionar la simple cocción en agua, por vapor caliente, calentamiento con rayos infrarrojos y la extrusión (combinación de presión y calor).

Por lo general, el equipo industrial más utilizado para el calentamiento de la semilla se basa en el calor seco, usando llama de gas o calor infrarrojo. También el proceso de extrusión está siendo utilizado cada vez con mayor frecuencia. En este sistema se obtiene calentamiento adecuado mediante la fricción resultante de forzar el paso de la semilla cruda a través de pequeños orificios.

En la mayoría de los procesos la temperatura que produce los mejores resultados en términos de rendimiento es de 120-150°C. Temperaturas supe-

riores o inferiores ocasionan disminución en el rendimiento y menores coeficientes de digestibilidad. El tiempo de duración del calentamiento no debe ser superior de 2 a 3 minutos, ni menor de 1 minuto, siempre y cuando se obtengan las temperaturas ya anotadas en la superficie del grano. En el caso de que la temperatura empleada sea inferior (100-120°C), el tiempo de cocción debe prolongarse hasta 4-5 minutos. Cuando la semilla se cocina en agua (100°C) se requiere mayor tiempo de cocción, generalmente entre 10 y 15 minutos.

En experimentos realizados por Olsen et al. (1975) se ha comparado el tratamiento térmico en la semilla entera y en la semilla molida en partículas de diferente tamaño. No se observó diferencia en el rendimiento asociada con el tamaño de la partícula, por lo cual no parece aconsejable económicamente la molienda fina de la semilla antes de ser procesada.

Para poder decidir sobre el sistema de procesamiento que conviene utilizar, deben tenerse en cuenta tanto consideraciones sobre costo del equipo como de la eficiencia del proceso.

La inversión inicial en maquinaria y en facilidades para procesamiento de semilla de soya a nivel de granjas porcinas es aproximadamente de US\$3.500 a 5.000 para una unidad que procese entre 300 y 500 kg de soya por hora. De acuerdo con un estudio económico realizado por Zimmerman et al. (1970), el costo del procesamiento, además de costos fijos y variables, se ha estimado en US\$7.50/ton para procesar 100 toneladas por año y en US\$3.00/ton para poder procesar 400 toneladas por año.

Torta de soya

En el tratamiento de la semilla de soya para extraer el aceite y obtener el subproducto con mayor concentración de proteína (torta o harina), pueden utilizarse tres métodos principales:

El sistema de prensa hidráulica o prensa de tornillo, que se basa en la combinación de calor y presión para extraer el aceite. Este método puede originar una gran producción de calor, el cual afecta la calidad de la torta al destruir o disminuir la disponibilidad de algunos aminoácidos.

El sistema de solventes es el más utilizado para procesar la semilla, basándose en la extracción del aceite con un disolvente volátil, después de un

proceso de calentamiento y trituración de la semilla. En este último sistema se obtiene mayor cantidad de aceite que en los sistemas de presión mecánica. Generalmente, la torta de soya obtenida por el método de solventes contiene alrededor de 1 por ciento de aceite, mientras que el subproducto obtenido mecánicamente, contiene de 4 a 6 por ciento de aceite. La torta procesada mediante solventes debe someterse a un proceso de tostado o calentamiento moderado que proporcione el calor necesario para destruir los compuestos inhibidores de la tripsina.

Por último, puede emplearse una combinación de los sistemas de solventes y extracción por presión, para obtener un subproducto de calidad intermedia.

RACIONES PARA CERDOS A BASE DE SEMILLA O TORTA DE SOYA

A continuación se incluye un resumen sobre una serie de trabajos realizados con el propósito de evaluar la utilización de torta o semilla de soya en raciones para cerdos.

En la primera parte se exponen los trabajos realizados por varios autores utilizando la torta de soya y la semilla de soya procesada en diferentes tipos de equipo.

La segunda parte demuestra los resultados de los experimentos realizados en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en que se compara el valor de la torta y la semilla de soya en combinación con diversas fuentes energéticas. La semilla de soya utilizada en estos experimentos fue sometida a un proceso muy rudimentario de procesamiento: la semilla fue cocinada en agua en ebullición (100°C) durante un período de 20-30 minutos, luego secada mediante exposición a los rayos solares y triturada en un molino de martillo.

Torta de soya

La combinación de torta de soya con maíz o millo proporciona una ración de excelente calidad para cerdos de todas las edades. Cuando se utilizan rangos de proteína entre 11 y 17 por ciento de proteína para cerdos en crecimiento y acabado, el nivel de proteína no es tan crítico como lo es la calidad de la proteína utilizada. En estudios realizados por Smith et al. (1967), se

observó que el rendimiento de los cerdos fue igual cuando se alimentaron con raciones que contenían 11.3, 12.8, 14.3 y 17.2 por ciento de proteína, siempre y cuando la proteína suministrada fuera aportada por 60 por ciento de torta de soya y 40 por ciento de maíz (Cuadro 2). En contraste, el rendimiento de los cerdos no fue igual cuando todas las raciones tenían el mismo nivel de proteína (12.8 por ciento), pero el maíz aportaba 60, 50 y 40 por ciento de la proteína a expensas de un menor aporte proteico de la torta de soya (Cuadro 3).

En otro estudio reportado por Clawson et al. (1963), se utilizaron raciones con 10 por ciento de proteína para cerdos en crecimiento y acabado, en las cuales la torta de soya sólo aportó 12.5, 25 y 50 por ciento de la proteína y el maíz el porcentaje restante. Los resultados (Cuadro 4), demostraron que solamente cuando la torta de soya proporcionaba el 50 por ciento de la proteína, los rendimientos en crecimiento y eficiencia de conversión alimenticia fueron aceptables para cerdos de esta edad. A medida que la torta de soya aportaba menos proteína en la dieta, los rendimientos fueron inferiores.

En experimentos conducidos por Corzo et al. (1968) se compararon tres niveles de proteína (13, 16 y 19 por ciento) en dietas con 15, 22.5 ó 30 por ciento de melaza y con torta de soya como fuente principal de proteína.

Cuadro 2. Efecto de diferentes niveles de proteína en raciones con un aporte constante de proteína suministrada por la torta de soya.*

Criterio	Nivel de proteína			
	11.3	12.8	14.3	17.2
Aumento diario, kg**	0.79	0.81	0.79	0.78
Aumento/ganancia	3.43	3.31	3.37	3.36
Espesor grasa dorsal, cm	6.1	5.9	6.0	5.7

* El 60 por ciento de la proteína fue aportada por la torta de soya y el 40 por ciento por el maíz.

** Peso inicial, 21 kg; peso final, 96 kg.

Fuente: Smith et al. (1967).

Cuadro 3. Efecto de un nivel constante de proteína (12.8 por ciento) en raciones con diferente calidad proteica.

Criterio	Proporción de proteína de torta de soya y maíz		
	40:60	50:50	60:40
Aumento diario, kg*	0.73	0.81	0.81
Aumento/ganancia	3.48	3.36	3.31
Espesor grasa dorsal, cm	5.9	6.1	5.9

* Peso inicial, 21 kg; peso final, 96 kg.

Fuente: Smith et al. (1967).

En los Cuadros 5, 6 y 7 se presenta la composición de las dietas utilizadas y los resultados del rendimiento de cerdos en crecimiento y acabado (20 a 90 kg). El rendimiento de los cerdos fue ligeramente superior cuando se incrementó el nivel de proteína hasta 16 por ciento, pero no con incrementos adicionales.

La utilización de torta de soya aportando el 100 por ciento de proteína en la ración ha sido evaluada en dietas isoproteicas, con melaza y azúcar co-

Cuadro 4. Rendimiento de cerdos alimentados con raciones de 10 por ciento de proteína y varios niveles de torta de soya.

Criterio	Porcentaje de la proteína aportada por torta de soya		
	12.5	25.0	50.0
Aumento diario, kg*	0.38	0.47	0.77
Alimento/ganancia	4.75	4.27	3.48
Espesor grasa dorsal, cm	3.73	3.61	3.71

* Peso inicial, 19 kg; peso final, 92 kg.

Fuente: Clawson et al. (1963).

Cuadro 5. Varios niveles de melaza en dietas con 13 por ciento de proteína a base de torta de soya para cerdos en crecimiento y acabado (20-90 kg).

	Testigo	15% Melaza	22.5% Melaza	30% Melaza
DIETAS (Porcentaje)				
Melaza	0	15.00	22.50	30.00
Torta de soya	8.55	11.72	13.30	13.87
Maíz amarillo	88.75	70.58	61.50	53.43
Harina de huesos	2.00	2.00	2.00	2.00
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO				
Aumento diario, kg	0.69	0.74	0.71	0.75
Consumo alimento diario, kg	2.24	2.79	2.51	2.86
Alimento/ganancia	3.25	3.77	3.54	3.82

Fuente: Corzo et al. (1968).

mo única fuente energética (Buitrago et al., 1975). En crecimiento se utilizaron raciones con 15 por ciento de proteína y en acabado con 12 por ciento. En todos los tratamientos se utilizó la torta de soya en niveles de 30 por ciento, durante el crecimiento y de 25 por ciento durante acabado. Los rendimientos observados fueron iguales o superiores a los obtenidos con raciones convencionales a base de cereales (maíz o sorgo) y torta de soya, tanto en la fase de crecimiento (Cuadro 8), como en acabado (Cuadro 9).

Semilla de soya

En general, los resultados para evaluar el valor nutritivo de la semilla de soya indican que su valor energético y proteico es muy bien utilizado por cerdos en crecimiento y acabado, pero menos eficientemente por lechones y cerdos pequeños (con peso inferior a 25 kg), en los cuales es preferible utili-

Cuadro 6. Varios niveles de melaza en dietas con 16 por ciento de proteína a base de torta de soya para cerdos en crecimiento y acabado (20-90 kg).

	Testigo	15% Melaza	22.5% Melaza	30% Melaza
DIETAS (Porcentaje)				
Melaza	0	15.00	22.50	30.00
Torta de soya	16.05	19.30	20.70	22.40
Maíz amarillo	80.75	62.87	54.10	44.90
Harina de huesos	2.00	2.00	2.00	2.00
Carbonato de calcio	0.50	0.13	-	-
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO				
Aumento diario, kg	0.72	0.82	0.74	0.69
Consumo alimento diario, kg	2.44	2.57	2.76	2.47
Alimento/ganancia	3.39	3.13	3.73	3.58

Fuente: Corzo et al. (1968).

zar torta de soya. El rendimiento de cerdos en crecimiento y acabado alimentados con semilla de soya procesada en forma adecuada es generalmente igual o superior al de cerdos alimentados con torta de soya (Jiménez et al., 1963; Combs et al., 1968; Young et al., 1970). Gracias al desarrollo de equipo para procesamiento de semilla a bajo costo se ha estimulado una mejor utilización en la producción comercial de cerdos con este producto. Un resumen sobre los resultados más recientes se incluye en el Cuadro 10.

Los trabajos realizados por Noland et al. (1970), Zimmerman et al. (1970), Hanson et al. (1970), Olsen (1971) y Bellis y Brooks (1975) describen ejemplos de los resultados obtenidos con raciones a base de semilla de soya procesada mediante varios métodos.

Cuadro 7. Varios niveles de melaza en dietas con 19 por ciento de proteína a base de torta de soya para cerdos en crecimiento y acabado (20-90 kg).

	Testigo	15% Melaza	22.5% Melaza	30% Melaza
DIETAS (Porcentaje)				
Melaza	0	15.00	22.50	30.00
Torta de soya	23.55	26.70	28.30	29.90
Maíz amarillo	73.25	55.50	46.50	37.40
Harina de huesos	2.00	2.00	2.00	2.00
Carbonato de calcio	0.50	0.10	-	-
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO				
Aumento diario, kg	0.77	0.74	0.74	0.72
Consumo alimento diario, kg	2.55	2.56	2.53	2.52
Alimento/ganancia	3.31	3.46	3.42	3.50

Fuente: Corzo et al. (1968).

En el Cuadro 11 se describe el resultado de remplazar 0, 50 ó 100 por ciento de la proteína de torta de soya por proteína de semilla de soya procesada en un horno del tipo infrarrojo con temperatura de 120°C durante 2 minutos.

También en el Cuadro 12 se resumen los resultados de trabajos realizados por Hanson et al. (1970) donde la proteína de torta de soya es remplazada por semilla de soya molida y tostada en proporción del 100 y del 50 por ciento, respectivamente.

En el Cuadro 13 se presentan los estudios con semilla procesada mediante el método de extrusión (combinación de presión y calor). La semilla fue calentada a 100°C y sometida a alta presión mecánica a través de orificios de 0.6 cm, de diámetro (extrusión).

Cuadro 8. Utilización de torta de soya, melaza y azúcar como única fuente de proteína y energía para cerdos en crecimiento (20-50 kg).

	Relacion melaza: azúcar			
	10:56	20:46	30:36	40:26
DIETAS (Porcentaje)				
Melaza	10.00	20.00	30.00	40.00
Azúcar	56.30	46.30	36.30	26.30
Torta de soya	30.00	30.00	30.00	30.00
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50
Harina de huesos	3.00	3.00	3.00	3.00
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO				
Aumento diario, kg	0.80	0.81	0.80	0.66
Consumo alimento diario, kg	2.38	2.43	2.34	2.16
Alimento/ganancia	2.97	3.00	2.93	3.27

Fuente: Buitrago et al. (1975).

Los resultados de otro estudio, en el cual se usaron raciones a base de semilla y/o torta de soya, balanceadas para aportar diferentes niveles de energía y proteína para cerdos en crecimiento y acabado, se resumen en el Cuadro 14.

Mediante la utilización de equipo sencillo para procesamiento a nivel de granjas porcinas, utilizando calor seco (temperatura de salida de la soya, 110°C), se han logrado rendimientos satisfactorios al comparar la semilla de soya con harina de pescado como fuentes exclusivas de proteína (Cuadro 15), (Bellis y Brooks, 1975). Estos mismos autores calcularon los costos de procesamiento de la soya a nivel de granja, utilizando equipo fabricado en Rodesia. Los costos de procesamiento se muestran en el Cuadro 16.

Para complementar los resultados del estudio anterior se presenta el Cuadro 17, donde se comparan diferentes niveles de proteína en raciones a

Cuadro 9. Utilización de torta de soya, melaza y azúcar como única fuente de proteína y energía para cerdos en acabado (50-90 kg).

	Relación melaza: azúcar			
	10:61	20:51	30:41	40:31
DIETAS (Porcentaje)				
Melaza	10.00	20.00	30.00	40.00
Azúcar	61.30	51.30	41.30	31.30
Torta de soya	25.00	25.00	25.00	25.00
Sal yodada	0.50	0.50	0.50	0.50
Harina de Huesos	3.00	3.00	3.00	3.00
Minerales y vitaminas	0.20	0.20	0.20	0.20
RENDIMIENTO				
Aumento diario, kg	0.85	0.90	0.87	0.85
Consumo alimento diario, kg	3.25	3.51	3.44	3.76
Alimento/ganancia	3.83	3.90	3.95	4.43

Fuente: Buitrago et al. (1975).

base de semilla de soya. Tanto durante el período de crecimiento como en el acabado se observó un incremento de peso de los cerdos y una mejor eficiencia alimenticia, a medida que aumentó el nivel de proteína. Los cerdos que consumieron torta de soya demostraron un rendimiento igual al de cerdos que consumieron semilla de soya con el mismo nivel de proteína.

La utilización de semilla de soya integral en raciones para lechones no ha producido respuestas tan favorables como las que se observan en cerdos en crecimiento y acabado. Las ganancias de peso generalmente no son iguales a las que se obtienen cuando se utiliza la torta de soya como fuente de proteína. En el Cuadro 18 se presenta un ejemplo de un trabajo realizado por Zimmerman et al. (1970) en que se utiliza semilla de soya integral tostada mediante rayos infrarrojos y torta de soya en raciones con varios niveles de energía y proteína para lechones pequeños (6 kg de peso promedio).

Cuadro 10. Valor nutritivo de la semilla de soya procesada por calor (SS) en comparación con la torta de soya (TS) en raciones para cerdos.

Autor	Aumento diario, kg		Alimento/ganancia	
	SS	TS	SS	TS
Jensen <u>et al.</u> (1970)	0.70	0.73	3.22	3.45
	0.76	0.80	2.86	3.03
Faber y Zimmerman (1970)	0.39	0.44	1.75	1.82
	0.43	0.47	1.72	1.82
Villegas <u>et al.</u> (1970)	0.98	0.93	3.45	3.57
Ruffin <u>et al.</u> (1971)	0.70	0.67	3.33	3.70
Meade <u>et al.</u> (1971)	0.43	0.48	1.85	1.78
Wahlstrom <u>et al.</u> (1971)	0.85	0.84	3.12	3.33

Fuente: Adaptado de Young (1973).

Se observó un mejor aumento de peso en los lechones que consumieron la ración maíz-torta de soya. La relación proteína:energía, no afectó el rendimiento en crecimiento.

En una serie de trabajos realizados en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) se procedió a evaluar la utilización de semilla de soya integral cocida en agua. La semilla fue introducida en agua en ebullición durante 20-30 minutos aproximadamente y luego secada mediante exposición al sol durante 4-6 horas aproximadamente. Posteriormente la semilla seca se trituró en un molino de martillo para mezclarla en forma de harina con los demás constituyentes de la ración. Con este material se realizaron evaluaciones en nutrición de cerdos durante las fases de crecimiento, acabado y lactancia.

En el primer estudio se procedió a utilizar la semilla de soya cocida como fuente única de proteína en raciones a base de azúcar y melaza como componente energético. Estas raciones fueron comparadas con un tratamiento testigo (maíz-torta de soya) y con raciones a base de torta de soya, azúcar

Cuadro 11. Utilización de varios niveles de semilla de soya procesada para cerdos en crecimiento y acabado.*

	Porcentaje de proteína de torta de soya reemplazada por semilla de soya		
	0	50	100
Tratamientos (%)			
Maíz	77	73	70
Torta de soya	20	10	-
Semilla de torta	-	13	27
Rendimiento			
Aumento diario, kg	0.84	0.83	0.81
Alimento/ganancia	3.26	3.22	3.14
Espesor grasa dorsal, cm	3.73	4.06	4.39

* Peso inicial, 32 kg; peso final, 90 kg.

Fuente: Noland et al. (1970).

Cuadro 12. Semilla de soya molida tostada en remplazo de torta de soya para cerdos en crecimiento y acabado.*

	Torta de soya	Soya tostada (100% de proteína)	Soya tostada (50% de proteína)
Aumento diario, kg	0.79	0.80	0.80
Alimento/ganancia	3.43	3.32	3.38
Aceite consumido, kg	8.44	16.10	12.10
Espesor grasa dorsal, cm	3.48	3.76	3.43
Acido linoleico, %	11.7	20.2	16.3

* Peso inicial, 27 kg; peso final, 100 kg.

Fuente: Hanson, et al. (1970).

Cuadro 13. Utilización de semilla de soya procesada mediante extrusión para cerdos en crecimiento.*

	Porcentaje de protefina de torta de soya reemplazada por semilla de soya		
	0	100	50
Tratamientos (%)			
Maíz	78	70	74.0
Torta de soya	19	-	9.5
Semilla de soya	-	27	13.5
Rendimiento			
Aumento diario, kg	0.67	0.71	0.69
Alimento/ganancia	2.64	2.43	2.72

* Peso inicial, 16 kg; peso final, 50 kg.

Fuente: Noland et al. (1970).

Cuadro 14. Diferentes niveles de energía y protefina en raciones a base de semilla y/o torta de soya para cerdos en crecimiento y acabado.

	Control Maíz- Torta de soya	Torta de soya + Aceite	Semilla de soya cocida	Semilla de soya cocida Alta protefina
Protefina, %	14	14	14	15
E.M., Kcal/kg	2794	2948	2948	2948
Rendimiento				
Aumento diario, kg	0.69	0.72	0.72	0.73
Alimento/ganancia	3.56	3.24	3.32	3.18
Espesor grasa dorsal, cm	3.30	3.48	3.45	3.38

Fuente: Zimmerman et al. (1970).

Cuadro 15. Rendimiento de cerdos alimentados con raciones a base de semilla de soya y harina de pescado como fuente de proteína.

	Harina de pescado (8%)	Soya (13%) + Harina de pescado (2%)
Crecimiento (19-48 kg)		
Aumento diario, kg	0.59	0.58
Alimento/ganancia	2.29	2.37
Acabado (48-86 kg)		
Aumento diario, kg	0.68	0.69
Alimento/ganancia	3.34	3.32

Fuente: Bellis y Brooks (1975).

y melaza (Cuadro 19). Se pudo observar que los cerdos de los tratamientos con niveles altos de semilla de soya demostraron un rendimiento satisfactorio tanto en aumento de peso diario como en la eficiencia de conversión alimenticia (Cuadro 20). La eficiencia de conversión fue mejor en el tratamiento testigo, posiblemente debido a la mayor concentración energética de esta ración al no contener un nivel alto de melaza.

Cuadro 16. Costos de procesamiento de soya con el equipo utilizado por Bellis y Brooks (1975).

Producción anual (toneladas)	Tamaño de la piara (No. de hembras)	Costo/tonelada (US\$)
25	98	14.3
50	195	11.1
100	390	9.5
150	585	8.9
200	780	8.7
300	1170	8.4

Cuadro 17. Efecto del nivel de proteína en raciones* a base de semilla de soya tostada para cerdos en crecimiento y acabado.

	Soya tostada*			Torta de Soya
	14-13	16-15	19-18	
Crecimiento				
Proteína en la dieta, %	13.9	16.5	19.1	16.1
Aumento diario, kg	0.56	0.61	0.64	0.61
Alimento/ganancia	2.94	2.56	2.32	2.56
Acabado				
Proteína en la dieta, %	12.9	15.4	18.0	15.1
Aumento diario, kg	0.85	0.88	0.90	0.87
Alimento/ganancia	3.70	3.57	3.45	3.45

* El nivel de proteína se rebajó en 1 por ciento durante la fase de acabado en todos los tratamientos.

Fuente: Olsen (1971).

En un trabajo posterior se realizó la evaluación de la semilla de soya en combinación con varias fuentes de carbohidratos para cerdos en crecimiento. En el Cuadro 21 se describen las raciones. Las fuentes de carbohidratos

Cuadro 18. Semilla de soya en raciones para lechones.*

	Maíz-Torta de soya	Torta de soya + aceite	Semilla de soya cocida	Semilla de soya cocida Alta proteína
Proteína, %	18	18	18	19.5
E.M., Kcal/kg	2904	3146	3146	3145
Rendimiento				
Aumento diario, kg	0.47	0.48	0.45	0.44
Alimento/ganancia	1.82	1.71	1.73	1.72

* Peso inicial, 6 kg, peso final 26 kg. Duración del experimento, 42 días.

Fuente: Zimmerman et al. (1970).

Cuadro 19. Dietas a base de melaza, azúcar y semilla de soya para cerdos en crecimiento.

Ingredientes (%)	Testigo	Torta de soya		Semilla de soya	
		30% miel	40% miel	30% miel	40% miel
Maíz	82.8	-	-	-	-
Melaza	-	30.0	40.0	30.0	40.0
Azúcar	-	36.8	26.8	26.8	16.8
Torta de soya	14.0	30.0	30.0	-	-
Semilla de soya*	-	-	-	40.0	40.0
Sal yodada	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Harina de huesos	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Minerales y vitaminas	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

* Hervida en agua durante 30 minutos. Secada al sol.

Fuente: Buitrago y Portela (sin publicar).

utilizadas fueron: maíz amarillo común, sorgo, maíz opaco, harina de yuca y melaza. La cantidad de semilla de soya necesaria para satisfacer el requerimiento de proteína varió desde 22 por ciento hasta 38 por ciento, según la fuente de energía utilizada. Los resultados (Cuadro 22) permiten observar

Cuadro 20. Rendimiento de cerdos en crecimiento con dietas a base de melaza, azúcar y semilla de soya.

Parámetros	Testigo	Torta de soya		Semilla de soya	
		30% miel	40% miel	30% miel	40% miel
Peso inicial	19.20	19.65	19.60	19.50	19.40
Peso final	48.28	47.10	51.56	54.95	50.60
Aumento diario/kg	0.603	0.612	0.668	0.723	0.637
Alimento/ganancia	2.96	3.47	3.33	3.13	3.64

Fuente: Buitrago y Portela (sin publicar).

Cuadro 21. Semilla de soya en combinación con varias fuentes de carbohidratos para cerdos en crecimiento.

Ingredientes	Composición de las raciones (%)									
	80.3	75.3	-	-	-	37.3	-	-	-	-
Maíz amarillo	80.3	75.3	-	-	-	37.3	-	-	-	-
Sorgo	-	-	75.3	-	-	-	37.3	-	-	-
Maíz Opaco	-	-	-	75.3	-	-	-	37.3	-	-
Harina de yuca	-	-	-	-	59.3	-	-	-	29.3	-
Melaza	-	-	-	-	-	30.0	30.0	30.0	30.0	-
Torta de soya	17.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semilla de soya	-	22.0	22.0	22.0	38.0	30.0	30.0	30.0	38.0	-
Sal	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Harina de huesos	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Miner. & Vitam.	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Fuente: Buitrago y Jiménez (sin publicar).

que el crecimiento de los cerdos con tratamientos con semilla de soya, fue inferior al crecimiento obtenido en el grupo testigo. La adición de melaza aumentó la diferencia en todos los tratamientos. El menor rendimiento puede explicarse parcialmente como resultado de la edad y el peso de los animales utilizados: los lechones con pesos inferiores a 20 kg no respondieron satisfactoriamente a raciones con semilla de soya. Por otra parte, los niveles altos de melaza afectaron en forma más drástica a los cerdos pequeños. La combinación de ambos productos, semilla de soya y melaza, puede aumentar el problema. Entre los productos carbohidratados que mejores resultados demostraron en combinación con la semilla de soya, puede mencionarse el maíz común y entre los que menor rendimiento mostraron puede citarse la harina de yuca.

En el Cuadro 23, se presentan los resultados de una observación en el crecimiento de cerdos que consumieron raciones en las cuales el componente proteico lo suministró la semilla de soya procesada en varias formas: cocida en agua versus tostada en horno a 80°C y procesada entera versus molida an-

Cuadro 22. Semilla de soya con diferentes fuentes energéticas en dietas para cerdos en crecimiento.

Fuente de energía	Semilla de soya (%) [*]	Aumento diario (kg)	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)
Control maíz-Torta de soya	0	0.65	16.4	58.0
Maíz común (MC)	22	0.56	16.1	52.0
Sorgo (S)	22	0.61	16.2	55.3
Maíz opaco-2 (MO)	22	0.56	16.0	51.9
Harina yuca (HY)	38	0.46	15.9	45.4
MC + Melaza (30%)	30	0.55	15.8	50.1
S + Melaza (30%)	30	0.40	16.1	41.6
MO + Melaza (30%)	30	0.47	15.9	45.9
HY + Melaza (30%)	38	0.35	16.0	38.7

* Semilla hervida en agua durante 30 minutos. Secada al sol.

Fuente: Buitrago y Jiménez (sin publicar).

tes del procesamiento calórico. Se obtuvieron mejores rendimientos mediante el proceso de ebullición en agua debido posiblemente a la mayor temperatura lograda. La práctica de moler la semilla antes de cocinarla no influyó en forma consistente para aumentar los rendimientos en peso de los cerdos.

Cuadro 23. Efecto del procesamiento de semilla de soya sobre el aumento de peso de cerdos en crecimiento.

	Testigo Maíz- Torta de soya	Semilla de Soya			
		Cocida en agua		Tostada en horno	
		Entera	Molida	Entera	Molida
Peso inicial, kg	23.43	22.81	23.25	23.25	22.93
Peso final, kg	71.25	69.25	74.37	61.37	54.12
Aumento diario, kg	0.79	0.77	0.85	0.63	0.52

Fuente: Buitrago y Portela (sin publicar).

Finalmente, durante la fase de lactancia también se realizó una evaluación en el rendimiento de las hembras y sus camadas cuando las madres consumieron raciones a base de semilla de soya (cocida en agua) como fuente proteica y melaza y maíz como componentes energéticos (Cuadro 24). Al analizar los resultados en el Cuadro 25, se observan pesos inferiores en los lechones provenientes de hembras que consumieron raciones con semilla de soya, pero el tamaño de la camada fue superior para estos tratamientos, lo cual explica parcialmente la diferencia en el peso individual. Además, se observó que los lechones consumieron parte de la ración de las hembras, especialmente en el tratamiento con melaza, lo que también pudo afectar su crecimiento. El incremento de peso en las hembras durante la lactancia también fue menor en los tratamientos a base de semilla de soya.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

La semilla de soya y su subproducto principal para alimentación animal, torta de soya, constituyen la fuente de proteína vegetal más abundante y de mejor calidad para alimentación porcina en Latinoamérica. La semilla integral

Cuadro 24. Dietas a base de semilla de soya y melaza para hembras lactantes.

Ingredientes (%)	Testigo Maíz-Torta de soya	Semilla de Soya	
		Maíz	Maíz + Melaza
Maíz	81.8	76.8	36.8
Melaza	-	-	30.0
Torta de soya	15.0	-	-
Semilla de soya*	-	20.0	30.0
Harina de huesos	2.5	2.5	2.5
Sal	0.5	0.5	0.5
Minerales y vitaminas	0.2	0.2	0.2

* Hervida en agua durante 30 minutos. Secada al sol.

Fuente: Jiménez y Buitrago (sin publicar).

Cuadro 25. Rendimiento de hembras lactantes con dietas a base de semilla de soya y melaza.

Parámetros	Testigo Maíz-Torta de soya	Semilla de Soya	
		Maíz	Maíz + Melaza
Hembras			
Peso al parto, kg	161.3	144.1	145.6
Peso al destete, kg	185.4	162.0	157.4
Consumo diario, kg	4.4	5.0	5.7
Progenie al parto			
No. lechones	9.6	10.2	9.8
Peso individual, kg	1.22	1.09	1.16
Progenie a los 40 días			
No. lechones	6.5	6.7	8.5
Peso individual	7.39	5.65	6.34

Fuente: Jiménez y Buitrago (sin publicar).

contiene entre 37 y 38 por ciento de proteína, mientras que la torta de soya contiene entre 42 y 51 por ciento de proteína, según el método de procesamiento.

Los dos productos anteriores pueden utilizarse eficientemente en nutrición porcina. La torta de soya puede emplearse como fuente parcial o total de proteína en la ración para cerdos de todas las edades. A medida que aumenta la proporción de proteína proveniente de la torta de soya, generalmente se obtiene un mejor rendimiento en peso y eficiencia de conversión alimenticia de cerdos en crecimiento y acabado.

La semilla integral de soya constituye una buena fuente proteínica (37-38 por ciento) y energética (18-20 por ciento de aceite), que puede ser incorporada en las raciones siempre y cuando su procesamiento sea adecuado. Es necesario efectuar un calentamiento moderado (120°C-150°C) durante 1 a 3 mi-

nutos para inhibir la acción de las antienzimas presentes en la semilla cruda. La semilla procesada puede remplazar en forma total o parcial a la torta de soya u otras fuentes de proteína en la ración lográndose resultados altamente satisfactorios. Generalmente se obtiene un rendimiento igual o superior utilizando semilla de soya en remplazo de la torta de soya para raciones de cerdos en crecimiento y acabado. Sin embargo, en lechones y cerdos con peso inferior a 30 kg, se ha observado mejor rendimiento con dietas a base de torta de soya, por lo cual resulta conveniente utilizar la semilla integral únicamente para cerdos con peso superior a 30 kg y para hembras en gestación o lactancia.

Otra manera de inhibir los efectos adversos de las antienzimas presentes en la semilla cruda, se logra mediante ebullición en agua durante 10 a 15 minutos. La semilla cocida en agua puede secarse y posteriormente incorporarla en forma de harina como componente energético y proteínico de la ración. Aunque el rendimiento que se obtiene en los cerdos puede ser ligeramente inferior al que se logra con semilla procesada con temperatura más alta, en muchas zonas donde se carece de maquinaria adecuada, ésta puede ser una alternativa económicamente viable.

Como en otros casos, la decisión final para utilizar semilla o torta de soya en raciones para cerdos depende en gran parte del aspecto económico. La torta de soya de buena calidad generalmente tiene un precio superior al de otras materias primas convencionales utilizadas como fuente de proteína, exceptuando la harina de pescado. Esta situación es razonable debido a la alta cantidad y calidad de la proteína presente en los productos derivados de la soya.

El precio de la semilla de soya procesada debe ser inferior al de la torta de soya para que su utilización en raciones concentradas resulte ventajosa económicamente. Al contener menor concentración proteínica que la torta de soya, es necesario utilizar mayor cantidad de semilla integral para alcanzar el nivel de proteína deseado en la ración. A pesar de su mayor riqueza energética, la diferencia no alcanza a compensar económicamente la disminución en el contenido de proteína.

REFERENCIAS

- Bellis, D.B. y R. B. Brooks, 1975. Farm processing of soya beans for pig feeds. *Rhodesia Agric. J.* 72: 99-101.
- 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., E.R. Barrick y W.G. Smart. 1963. Respond of pigs to graded levels of soybean meal and added lysine in 10 percent protein diets. *J. Anim. Sci.* 22: 1027.
- Combs, G.E., R.G. Conness, T.G. Berry y H.D. Wallace. 1967. Effect of raw and heated soybeans on gain, nutrient digestibility, plasma amino-acids and other blood constituents of growing swine. *J. Anim. Sci.* 26: 1067-1071.
- Corzo, M., H. Obando, A. Moncada y J.H. Maner. 1968. Efecto de niveles de melaza y proteína sobre crecimiento y acabado de cerdos. *Memoria ALPA.* 3: 156. (Abstr.).
- Faber, J.L. y D.R. Zimmerman. 1970. Infrared roasted soybeans for baby pigs. *J. Anim. Sci.* 31: 1020. (Abstr.).
- Hanson, L.E., C.E. Allen, R.J. Meade, J.W. Rust y K.P. Miller. 1970. Cooked soybeans for swine and effects on carcass characteristics. *Feedstuffs.* 42: 16
- Jensen, A.H., H.W. Brown, B.G. Harmon y D.H. Barker. 1970. Effects of toasting corn and soybeans fed to swine. *J. Anim. Sci.* 31: 1022. (Abstr.).
- Jiménez, A.A., T.W. Perry, R.A. Pickett y W.M. Beeson. 1963. Raw and heat-treated soybeans for growing finishing swine and their effect on fat firmness. *J. Anim. Sci.* 22: 471-475.
- Lafferty, D.T. y R.H. Hines. 1971. Full-fat soybeans for growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 33: 233. (Abstr.).
- Meade, R.J., J.W. Rust y L.E. Hanson. 1971. Effects of level of dietary protein and source of soybean protein on performance of young pigs. *J. Anim. Sci.* 33: 236. (Abstr.).
- Noland, P.R., C.A. Baugus, R.O. Lawrence y Z.B. Johnson. 1970. Use of extruded soybeans in swine rations. *Arkansas Farm Research.* X: 6.

- Noland, P.R., C.A. Baugus, R.N. Sharp y Z.B. Johnson. 1970. Feeding dry-cooked soybeans to pigs. *Arkansas Farm Research*. X: 5.
- Olsen, E.M. 1971. Effect of toasting, particle size and dietary protein level on the utilization of soybeans by pigs. Ph.D. thesis. University of Guelph. Ontario, Canada.
- Olsen, E.M., L.G. Young, G.C. Ashton y G.C. Smith. 1975. Effects of roasting and particle size on the utilization of soybeans by pigs and rats. *Canadian J. Anim. Sci.* 55: 431-440.
- Ruffin, B.G., W.E. Powell y V.L. Brown. 1971. Effect of toasted soybeans on growth and carcass quality. *J. Anim. Sci.* 32: 391. (Abstr.).
- Smith, J., A.J. Clawson y E.R. Barrick. 1967. Effect of ratio of protein from corn and soybean meal in diets of varying total protein on performance and carcass desirability and diet digestibility in swine. *J. Anim. Sci.* 26: 752.
- Villegas, F.J., T.L. Veum, H.B. Hedrick y K.L. Mc Fate. 1970. Processed soybeans for swine. *J. Anim. Sci.* 31: 213. (Abstr.).
- Wahlstrom, R.C., G.L. Libal y R.J. Berns. 1971. Effect of cooked soybeans on performance, fatty acid composition and pork carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 32: 891-894.
- Young, L.G. 1973. Unextracted soybeans versus soybean meal for animal feeding. 1973. Effect of processing on the nutritional value of feeds. Proceedings of a Symposium. National Academy of Sciences. Washington, USA.
- Young, L.G., R.G. Brown, G.C. Ashton y G.C. Smith. 1970. Effect of copper on the utilization of raw soybeans by market pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 50: 717-726.
- Zimmerman, D.R., J.L. Bergkamp, J.L. Faber, H.M. Hodson, V.C. Speer y D.G. Topel. 1970. Farm processed soybeans in swine rations. *Iowa Farm Science*. 25: 36-38.