

*Efectos de diferentes tratamientos térmicos
sobre el valor proteico de la Soya Integral,
en la Alimentación de Cerdos de
Crecimiento y Engorde.*

	268
NÚMERO:	1689
FECHA:	26/02/91
ENCARGADO:	VARGAS

POR:

Sergio Antonio Ruiz A.

T E S I S

PRESENTADA A LA
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION
DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

BIBLIOTECA WILSON PUPERUI
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 93
TEGUIGALPA HONDURAS

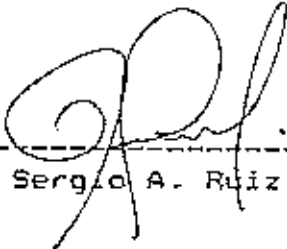
EL ZAMORANO, HONDURAS

Abril, 1990

EFFECTOS DE DIFERENTES TRATAMIENTOS TERMICOS
SOBRE EL VALOR PROTEICO DE LA SOYA INTEGRAL, EN LA
ALIMENTACION DE CERDOS DE CRECIMIENTO Y ENGORDE.

Sergio Antonio Ruiz Azurduy.

El autor concede a la Escuela Agrícola
Panamericana permiso para reproducir y
distribuir copias de este trabajo para
los usos que considere necesarios. Para
otras personas y otros fines, se reservan
los derechos de autor.



Sergio A. Ruiz A.

El Zamorano, Abril de 1990.

DEDICATORIA

A Dios.

A la memoria de un colega, ... Mi Padre.

Y todo el amor y mis esfuerzos a mi Madre,

María Cristina Raquelita y María Emilia.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento sincero a los doctores Marco A. Esnaola y Beatriz Murillo, por su asesoría y colaboración.

Al Doctor Leonardo Corral por estar siempre dispuesto a ayudarnos para salir de esta Escuela.

A mis colegas Jimmy Zuñiga y Jimmy Navarro por brindarme su ayuda desinteresada en cualquier momento.

Al Profesor Aurelio Revilla, que aun sin ser uno de mis asesores, merece el mismo mérito y reconocimiento que ellos.

A los profesores, personal Administrativo y compañeros del departamento de Zootecnia por el calor humano que me dejaron encontrar en el transcurso de mi carrera.

A "mi mujer", Alfredo Robleto y a Ned Rimer un gracias y la esperanza de un reencuentro.

A las familias Flores y Calderón, "mis hogares" bolivianos en Honduras mi eterno agradecimiento.

A las familias de María Emilia Corea, Claudia Del Cid y Karla Del Cid, gracias por los lindos momentos que me permitieron compartir en Honduras.

A la Fundación Alemana para el Desarrollo a través de la persona del Señor Wolfgang Zimmermann, por su ayuda económica prestada.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
1. Generalidades.....	4
2. Importancia de la producción de Soya en América y el Mundo.....	6
2.1 Producción de Soya en Honduras.....	8
3. Factores Antinutricionales de la Soya.....	9
3.1 Inhibidores de Tripsina (IT).....	9
3.2 Actividad Ureásica (AU).....	10
3.3 Efectos fisiológicos de los factores antinutricionales del Grano de soya integral crudo (GSI).....	11
3.3.1 La secreción pancreática.....	11
3.3.2 Peso y tamaño de las vísceras... ..	12
4. Procesos térmicos aplicados a la Soya para destruir los factores antinutricionales... ..	13
4.1 Extrusión.....	13
4.2 Cocción en agua.....	14
4.3 Tostado.....	15
5. Soya Integral en la Alimentación de Cerdos.....	16
5.1 Soya cruda.....	16
5.2 Soya procesada térmicamente.....	18
5.3 Ventajas del uso del GSI.....	19
6. La Torta de soya en la alimentación de cerdos.....	19
7. Efectos de la Alimentación con soya integral sobre la grasa depositada en las canales de los cerdos.....	21
7.2 Dureza de la grasa.....	21
MATERIALES Y METODOS.....	23
1. Lugar y Fecha de desarrollo del estudio... ..	23
2. Animales.....	23
3. Corrales utilizados.....	23
4. Diseño Experimental.....	24
5. Tratamientos Experimentales.....	24
5.1 Tratamiento I (Grupo control).....	24
5.2 Tratamiento II.....	24
5.3 Tratamiento III.....	25
5.4 Tratamiento IV.....	25
5.5 Tratamiento V.....	26

6. Alimentación.....	26
7. Análisis de Laboratorio.....	28
8. Evaluaciones de la Canal del cerdo.....	29
9. Análisis Estadístico.....	29
10. Variables Experimentales a Medir.....	29
RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
1. Análisis de laboratorio.....	31
1.1 Actividad Ureásica (AU) e Inhibidores de Tripsina (IT).....	31
2. Resultados del Experimento con Cerdos.....	32
2.1 Ganancias de peso.....	34
2.2 Alimento consumido.....	35
2.3 Conversión Alimenticia.....	37
3. Evaluaciones lineales de la canal.....	39
3.1 Largo de la canal.....	40
3.2 Rendimiento de la canal.....	40
3.3 Area de lomo.....	40
3.4 Manto de grasa.....	41
4. Peso de las vísceras.....	42
5. Análisis Económico.....	44
5.1 Costos de alimentación.....	44
CONCLUSIONES.....	46
RECOMENDACIONES.....	48
RESUMEN.....	49
BIBLIOGRAFIA.....	51
ANEXOS.....	55

INDICE DE CUADROS.

	Página.
Cuadro 1. Composición de las dietas para la etapa de crecimiento.....	27
Cuadro 2. Composición de las dietas para la etapa de engorda.....	27
Cuadro 3. Composición nutricional de la torta de soya y de los granos de soya integral.....	28
Cuadro 4. Resumen de los resultados de Actividad Ureásica (AU) y Unidades Inhibida de Tripsina (UIT) en GSI cruda y procesada térmicamente.....	31
Cuadro 5. Condiciones específicas para cada tratamiento térmico.....	32
Cuadro 6. Resultados de las pruebas en el Campo.....	33
Cuadro 7. Resultados generales del experimento para las medidas lineales de la canal.....	39
Cuadro 8. Resultados del experimento para el peso de las vísceras.....	43
Cuadro 9. Resultados de los costos alimenticios por tratamiento.....	45

INDICE DE ANEXOS

	Página.
Anexo 1. Producción mundial del cultivo de la Soya....	56
Anexo 2. Resumen de producción de la Soya y sus principales derivados.....	57
Anexo 3. Participación de los principales productos agropecuarios en los ingresos de exportación de la América Latina (1980-1984).....	58
Anexo 4. Producción del cultivo de la Soya en Honduras (1979-1983).....	59
Anexo 5. Criterio utilizado para determinar la calidad de los granos de soya sometidos a procesos térmicos.....	60
Anexo 6. Efecto de los suministros de grano de soya tostado sobre las características de las canales.....	61
Anexo 7. Consumo de proteína por cerdo día.....	62
Anexo 8. Requerimientos Nutricionales de los cerdos en las etapas de Crecimiento y engorda.....	63
Anexo 9. Andeva y prueba Duncan para la variable Ganancias de peso.....	64
Anexo 10. Andeva y Prueba Duncan para la variable Consumo de alimento por cerdo día.....	65
Anexo 11. Andeva y Prueba Duncan para la variable Conversión alimenticia.....	66
Anexo 12. Andeva para la variable Largo de la canal....	67
Anexo 13. Andeva para la variable Rendimiento de la canal caliente.....	68
Anexo 14. Andeva para la variable Rendimiento de la canal fría.....	69
Anexo 15. Andeva para la variable Area de lomo (cm ²)....	70

Anexo 16. Andeva para la variable Manto de grasa (cm)..	71
Anexo 17. Andeva para la variable Peso de los hígados..	72
Anexo 18. Andeva para la variable Peso de los riñones..	73
Anexo 19. Andeva para la variable Peso de los páncreas.	74
Anexo 20. Precio de los ingredientes utilizados en el concentrado de la etapa de crecimiento y engorda con torta de soya como única fuente proteica.	75
Anexo 21. Precio de los ingredientes utilizados en el concentrado de la etapa de crecimiento y engorda con grano de soya integral tostado, como única fuente proteica.....	76
Anexo 22. Precio de los ingredientes utilizados en el concentrado de la etapa de crecimiento y engorda con grano de soya integral extruída, como única fuente proteica.....	77
Anexo 23. Precio de los ingredientes utilizados en el concentrado de la etapa de crecimiento y engorda con grano de soya integral cocida, como única fuente proteica.....	78
Anexo 24. Precio de los ingredientes utilizados en el concentrado de la etapa de crecimiento y engorda con grano de soya integral cruda, como única fuente proteica.....	79

INTRODUCCION

En el año 2000 se estima que la población mundial será de 6,000 millones de personas en comparación con 4,500 millones en 1989. Actualmente el consumo de carne de cerdo a nivel mundial está cerca de los nueve kilos por persona/año. Manteniendo este consumo per cápita en el año 2000 el requerimiento de carne de cerdo se incrementará de los 30,000 millones de kilos actuales a 54,000 millones de kilos, o sea casi el doble de la producción actual.

En la actualidad uno de los problemas que presenta la producción de cerdos en zonas tropicales es la falta de suplementos proteicos de alta calidad a precios razonables. En tal sentido algunos países latinoamericanos han alcanzado altos niveles de producción de granos de soya incentivados por el valor proteico y sus diversas formas de usos, aunque el uso del cultivo más ampliamente difundido es para la obtención de aceite vegetal.

La torta de soya es el suplemento proteico más usado en los concentrados para cerdos y aves en explotaciones intensivas en el trópico. Esta torta se obtiene como un subproducto de la producción del aceite de soya. En Centroamérica no hay producción de torta de soya por lo tanto hay que importarla de los Estados Unidos (E.U.) principalmente

y ello significa fuga de divisas que son escasas en todos los países del área.

El grano de soya integral (GSI) no sólo contiene proteínas de alta calidad, sino también es una fuente rica de energía, debido a su contenido de aceite. Lamentablemente, el grano de soya crudo tiene como limitante la presencia de factores antinutricionales que causan diferentes respuestas biológicas y fisiológicas negativas en varias especies de animales; por lo tanto, se recomienda, hacer uso de algunos métodos de calentamiento que destruyan estos principios adversos.

En el cultivo del frijol de soya, de una tonelada de soya procesada, obtenemos 180 Kg de aceite y 800 kilogramos de torta. El costo del frijol de soya por lo tanto es compartido en estos dos productos y si el precio del aceite comestible baja (por la poca demanda o alta competencia con los aceites de otras oleaginosas), la torta absorbe una mayor parte de los costos del frijol.

OBJETIVOS

Considerando que en los países centroamericanos el cultivo del frijol de soya ha empezado a tener importancia como una fuente potencial de proteína que sustituya a las importaciones de torta de soya, el presente estudio tiene los siguientes objetivos.

General.

1. Medir los efectos que tiene la suplementación proteica con GSI, tratado térmicamente, sobre los parámetros de crecimiento, conversión de alimento y características de canal de cerdos en crecimiento y engorde.

Específicos.

1. Medir la eficacia de los tratamientos térmicos para eliminar los factores antinutricionales del GSI.
2. Comparar económicamente la sustitución total de la torta de soya importada por el grano de soya integral tratado térmicamente.
3. Evaluar en método térmico que se adapte a la realidad y recursos disponibles del productor.

REVISION DE LITERATURA

1. Generalidades.

El frijol de soya es una leguminosa que ha sido cultivada para consumo humano en China por más de 40 siglos. Sin embargo, su cultivo es nuevo en el hemisferio occidental, habiendo sido introducida como una oleaginosa de cosecha sólo hace un poco más de 50 años. Inicialmente, el frijol de soya fue usado exclusivamente para la obtención del aceite y el subproducto, que es la torta, era usada como fertilizante, antes de que sus propiedades proteicas fueran descubiertas. Hoy, la demanda mundial de proteína ha hecho que la torta de soya sea el producto principal. (Soyanoticias , 1980).

El crecimiento de la industria aceitera en los E.U. estimuló a los agricultores a la producción de soya, cuya oferta alcanzó para producir suficiente torta de soya de tal manera de satisfacer también los requerimiento de proteína de los animales.

Han habido intentos de usar el grano de soya crudo (GSC) para dietas de cerdos y pollos, dando como resultados una reducción en el comportamiento de estas especies.

En 1917, (Osborne y Mendel ; citado por Yen y col, 1974) fueron los primeros en reportar que la torta del frijol de soya crudo, era para las ratas nutricionalmente inferior que la torta calentada del frijol de soya. Muchos reportes, han

mostrado resultados similares en los cerdos. Sin embargo las causas específicas del pobre valor nutritivo del frijol de soya crudo no han sido claramente especificadas. Un inhibidor de la tripsina ha sido uno de los factores que se reporta en afectar su utilización en pollos, ratas y cerdos.

Otros autores han observado que ciertas especies de animales, particularmente monogástricos son incapaces de utilizar el GSC, generalmente a causa del inhibidor de tripsina, hemoaglutininas, saponinas y un factor inhibidor de la vitamina A (Nardiello y col., 1980 ; Waldroup, y col. (sin año) ; Dale, 1988 ; Conrad, 1984 ; Danielson, 1985).

El valor nutritivo del frijol de soya aumenta cuando por medio de calor se inactivan los factores antifisiológicos, aumentando también la disponibilidad de aminoácidos totales. Soyanoicias, 1979 ; Conrad, 1984).

La temperatura tiene un efecto crítico sobre el valor nutricional de la soya, pues tanto las temperaturas bajas como las excesivas pueden tener un efecto perjudicial. El grano de soya integral sometido a temperaturas bajas puede contener niveles altos de varios factores anti-nutricionales. Por otro lado demasiado calor reduce la disponibilidad de los aminoácidos, particularmente, la cantidad de lisina disponible. Existe también una relación directa entre la destrucción de la enzima ureasa mediante calentamiento y un mejoramiento en el valor nutricional (Dale, 1988 ; Waldroup, y col. (sin año);

Thomason, 1988).

Hasta la fecha varios métodos han sido desarrollados y utilizados para procesar el frijol de soya. Entre estos se tiene la Simple cocción en agua, el Tostado en seco, y la Extrusión. Lo importante en estos tratamientos es usar el equipo adecuado y un control térmico para obtener un producto de buena calidad. (Buenrostro, 1987 ; Soyanocticias, 1987).

2. Importancia de la producción de Soya en América y el Mundo.

La soya es la leguminosa más importante a nivel mundial en términos de producción total e intercambio internacional. Hasta inicios de los años 70, los E.U. y la República Popular de China habían sido los mayores productores y exportadores en el mundo. Sin embargo, en Brasil, a partir de 1970, el cultivo de la soya comenzó a tomar auge, desplazando inclusive a la China, que hasta entonces ocupaba la segunda posición. Los E.U., Brasil, China y Argentina, juntos representan entre el 90 y 95% de la producción mundial de esta leguminosa. El área cultivada a nivel mundial en 1987 fue de 52417×10^3 ha, la producción en toneladas fue de 98000×10^3 , dando un rendimiento de 1.80 t/ha. El Anexo 1 presenta un panorama global de la producción de soya en el mundo.

La producción mundial de soya, pastas de oleaginosas grasas y aceites han crecido a un ritmo de alrededor de

4 a 4.5% por año durante lo últimos 15 años. La soya representa aproximadamente la mitad de la producción mundial total de oleaginosas. Además representa el 75% del volumen total de oleaginosas comercializadas internacionalmente.

Más del 60% de la proteína vegetal producida es de soya. La torta de soya, es la fuente proteica producida más abundantemente y representa el 70% de las tortas de oleaginosas comercializadas en los mercados del mundo. El aceite de soya constituye el 30% de los aceites vegetales y marinos producidos en forma industrial. El precio del frijol de soya a nivel de los E.U. y de la América Latina es muy variable. En 1988 una tonelada de GSI estaba en el rango de 280 a 350 dólares americanos. En 1987, debido a precios relativamente bajos a principio del año comercial, el precio promedio del GSI fue de alrededor de 226 dólares por tonelada. También el precio de la torta de soya fue mayor en 1988/89 con un rango promedio de 250 a 315 dólares por tonelada. El precio del aceite de soya esta alrededor de 625 dólares por tonelada en contraste con el precio promedio para 1987/88 de 535 dólares por tonelada. Se espera que para el periodo 1989/90, los precios estimados de las oleaginosas estimulen un aumento en la superficie de siembra en los E.U. y América Latina. En Anexo 2 se presenta un resumen de las cifras antes mencionadas. Todos los reportes concuerdan que los países de América latina tradicionalmente han dependido de un número

relativamente pequeño de productos básicos, especialmente agropecuarios, para la obtención de la mayor parte de sus ingresos por concepto de exportación. Los productos agropecuarios más importantes son ocho: café, azúcar, carne de vacuno, algodón, soya, cacao, banano y maíz. Cada uno de los cuales aporta por lo menos 1% el valor total de las exportaciones de mercadería de la región. El café domina dichas exportaciones y representa casi una cuarta parte de los ingresos agropecuarios de la región. Gracias a la demanda del cultivo de la soya en ciertos países de Sud-América este cultivo se ha convertido a nivel latinoamericano en el segundo generador más importante de ingresos (Véase Anexo 3). Así como los productos en número son pequeños, los mercados a los que se destinan son relativamente pocos. Por ejemplo, los E.U. y la Comunidad Europea son mercados importantes para el banano y la soya. En 1975 la soya ocupaba el séptimo lugar en importancia como contribuyente al valor de las principales exportaciones agropecuarias de la región. Como se puede observar en el Anexo 3, la soya representa alrededor del 14% del valor total de las exportaciones en América Latina.

2.1. Producción de la Soya en Honduras.

Honduras es importador de soya y derivados, especialmente para uso de concentrados. Esta utilización de soya aumentará a medida que se tecnifiquen las explotaciones de cerdos y aves y a medida que se desarrolle la industria acuícola de peces

y camarones. Los esfuerzos realizados por los programas de gobierno aún no han causado un gran impacto en la producción de soya, pese a existir condiciones adecuadas para este cultivo en algunas zonas del país. En el Anexo 4 se presenta datos de la siembra del cultivo en Honduras hasta 1983.

3. Factores Antinutricionales de la Soya.

3.1. Inhibidores de Tripsina (II).

Los inhibidores de tripsina son sustancias que tienen la capacidad de inhibir la actividad proteolítica de algunas enzimas del sistema digestivo. Se encuentran en diversos alimentos como cereales, ciertas oleaginosas, solanáceas y en la mayoría de la leguminosas. Los inhibidores de tripsina más conocidos en el frijol de soya son los de Kuritz y Bowman Birk (Perez, 1982).

Cada forma comercial o variedad de soya contiene una concentración de inhibidores de proteasas, cuya actividad inhibidora se puede reducir prácticamente en forma total al someterlas a un tratamiento térmico adecuado. Por ejemplo Singh, Wilson y Hadley (1969) y más tarde Clark y Hymowitz (1972), (citados por Perez, 1982) usando electroforesis, encontraron una variedad de frijol de soya llamada "661", que tenía una actividad específica menor de inhibidores que la variedades comunes cosechadas. Se ha visto que se requiere destruir sólo 80% del inhibidor de tripsina para obtener un

valor máximo de eficiencia proteínica.

3.2 Actividad Ureásica (AU).

La ureasa es otra de las enzimas que está presente en los granos de soya crudos, por lo tanto, la AU residual y la cantidad de IT, se utilizan para medir el grado de tostado o cocimiento del grano de soya sometido a tratamiento térmico.

La AU es medida por el índice de ureasa que para la pasta de soya sin cocer es aproximadamente de 72. cm^3 de HCl 0.1 N. Al aplicar calor en forma progresiva durante el tostado o cocido, el índice baja 0.02 - 0.05 cm^3 de HCl 0.1 N., que está dentro del rango nutricional adecuado.

En el Anexo 5, se muestra el criterio que Aguilera (1965) utilizó para estimar la calidad de el proceso térmico en base a los cm^3 de HCl 0.1N, determinados en la prueba de AU.

Buenrostro (1987), evaluó la calidad de la soya integral con base en la determinación de varios parámetros: índice de ureasa, contenido de inhibidores de tripsina y lisina disponible o asimilable. Aunque estos parámetros dan cierta indicación acerca de la calidad de producto, ninguno de ellos indica el efecto de un tratamiento por exceso o falta de cocción. Demasiado calor puede dañar las proteínas. El daño puede ser verificado por la forma de oxidación del azufre en la cisteína y metionina, por la reacción de lisina con azúcares reductores y con mucho calor, los grupos amino y carboxilo forman ligaduras cruzadas (Garlich 1988).

3.3. Efectos fisiológicos de los factores antinutricionales del grano de soya crudo.

3.1.1. La secreción pancreática.

El páncreas consta de las porciones endocrina y exocrina. La primera esta formada por los Islotes de Langerhans que segregan insulina a la corriente sanguínea. Sin embargo, la porción principal del páncreas es la exocrina que está formada por los acini, responsables de la producción del jugo pancreático. Las células acinares son capaces de digerir grasas, carbohidratos y proteínas. El jugo pancreático es un líquido acuoso no viscoso que está presente en pequeñas cantidades. Su pH es de 7.5-8.0 o mayor. Los constituyentes enzimáticos en el jugo pancreático incluyen: la tripsina, quimotripsina, carboxipeptidasa, alfa amilasa, lipasa, fosfolipasa A, colesteroilesterhidrolasa, desoxirribonucleasa, ribonucleasa y colagenasa.

Las enzimas secretadas como precursores inactivos, tales como el tripsinógeno y el quimotripsinógeno son activadas por las glándulas intestinales que producen enteroquinasa. Una pequeña cantidad de tripsina activa provoca entonces la activación autocatalítica, adicional del tripsinógeno y del quimotripsinógeno. La acción proteolítica del páncreas se debe a la tripsina y quimotripsina que actúan sobre las proteínas originales, sobre las proteosas y sobre las peptonas provenientes del estómago para producir polipeptidos.

La tripsina tiene poco efecto sobre las proteínas nativas que están principalmente en las leguminosas, pero actúa fácilmente sobre las proteínas desnaturalizadas, ya sea cocción o por digestión pre-gástrica (Harper, 1980).

3.3.2. Peso y tamaño de las vísceras.

Por la acción pancreática de producción de enzimas capaces de ayudar al anabolismo de las proteínas se supone que en "ausencia" de tripsina en el alimento el órgano que tiene las funciones enzimáticas, llega a hipertrofiarse aumentando de tamaño y peso.

Los resultados de los ensayos de Yen, y col., (1974) también demuestran que cuando existen inhibidores de tripsina en los alimentos que ofrecemos a los animales, existe una secreción compensadora de enzima pancreática inducida por el factor inhibidor de la tripsina, que puede causar una mayor producción de jugo pancreático por el animal; pero concluye que esta acción compensadora no parece ser un factor en la respuesta de los cerdos ya que no se obtuvieron diferencias significativas en el peso de los páncreas secos como un porcentaje del peso corporal.

extrusoras van de 270 a 900 kg/hora y su precio esta en el supervisar varias máquinas. La capacidad de las máquinas a 149°C por espacio de 30 minutos y un sólo operador puede para cocer el frijol. La temperatura terminal llega incluso En las extrusoras en seco se utiliza fricción y presión Existen procesos de extrusión en seco y a vapor.

díametro y calentada a 100°C. a alta presión mecánica a través de orificios de 0.6 cm de En el proceso de extrusión la semilla de soya es sometida Buenostro, 1987).

producto menos perdedero (Waldroup, y col. (sin año) ; proceso, los que actúan como antioxidantes, haciendo el de los tocoferoles naturales también ocurre durante este haciendo que los nutrientes estén disponibles. La liberación pared celular permitiendo una mejor cocción de la soya y y químicas del producto, ya que se produce la ruptura de la la extrusión ha demostrado que mejora las propiedades físicas U. donde los granos de soya son la principal fuente proteica, antinutricionales. Este proceso es bastante usado en los E. eleva la temperatura destruyendo así los factores enteros a una presión mecánica que a causa del rozamiento La extrusión consiste en someter los granos de soya

4.1. Extrusión.

destruir los Factores Antinutricionales.

4. Procesos térmicos aplicados a la Soya para

rango de 7,000 a 30,000 dólares. La extrusión húmeda se lleva a cabo mediante un acondicionador a vapor antes de la extrusión e inyección de vapor a la extrusora. El siguiente paso hacia arriba en sofisticación, versatilidad y economía es una extrusora de dos tornillos que aun no ha entrado en el mercado (Thomason, 1988).

4.2. Cocción en agua.

Este método que requiere de mayor tiempo que las otras técnicas de procesamiento. La hidratación de la soya antes de ser calentada, reduce considerablemente el tiempo necesario para destruir el inhibidor de la tripsina. Si se utiliza un autoclave para cocinar los frijoles de soya se reporta que el mejor procesamiento se logra calentando el producto por 12 minutos a 115°C, con una presión de vapor de 0.68 kg/cm (Soyanoticias, 1987).

El método de cocción más simple consiste en hervir los frijoles de soya a fuego abierto por 30 minutos y luego extenderlos al sol para que se sequen. Posteriormente se ofrecen entero o molido a los animales. Sin embargo Nardiello y col. (1980), recomiendan someter los frijoles de soya en agua a ebullición sólo por 15 minutos, luego secarlos mediante exposición al sol, para luego molerlos empleando un molino de martillo con una zaranda de 5 mm.

Portela, y col. (1987), desarrollaron el siguiente método: Se hierve agua en una tina de 250 litros, y luego se introduce

en ésta, un costal de manta con 35 kilos de grano de soya cruda, los cuales se dejan cocer por espacio de 35 minutos. Luego se extienden sobre un piso de concreto, en planchas de zinc, o en secadoras de café y al cabo de dos ó tres días, dependiendo de la intensidad de sol, los granos secos se almacenan para su posterior utilización.

Buitrago, y col. 1977, demostró que la semilla cocida en agua a 100°C, se requiere un tiempo de cocción generalmente que oscila de 10 a 15 minutos.

4.3. Tostado.

En este método el frijol de soya es sometido a una llama de gas por breves intervalos de tiempo, hasta ser tostados. Buenrostro (1987), recomienda moler el grano tostado antes de ser utilizado, aunque se encuentran en el mercado máquinas procesadoras que ya usan este sistema.

Nardiello, y col., (1980), tostó soya sometiéndola a calentamiento en seco en un horno a 126 - 128°C durante 15 minutos.

Algunos investigadores han sugerido que la molienda fina, de los frijoles de soya tostada, es capaz de romper la pared celular. Este proceso mejoraría la digestibilidad de la grasa y de la proteína y aparentemente la textura fina del producto aumenta su consumo. (Waldroup, y col (sin año)). En los Estados Unidos, se utilizan varios tipos de tostadoras en seco. La industria Gem Roasters fabrica sus modelos básicos

que tuestan entre 2.7-10.9 toneladas por hora y tienen un precio que fluctúan entre 16,000 y 34,000 dólares. Estas maquinas están diseñadas para gas y petróleo y pueden ser portátiles o estacionales. Las temperaturas que alcanzan dichos tostadores están entre 110-116°C. Entre las variables que teóricamente intervienen en la eficiencia del tostado están: la cantidad de soya a tostar, la temperatura y el tiempo de cocción de los frijoles. Es importante recordar que la cocción puede continuar si los frijoles no se enfrían inmediatamente.

5. Soya Integral en la Alimentación de Cerdos.

5.1 Soya cruda.

En los Estados Unidos los granos de soya crudos (GSC) que son mal almacenados y sufren daños por humedad, son ocasionalmente ofrecidos a los cerdos. Estos granos contienen inhibidores de tripsina que puede reducir la digestibilidad de la dieta de los cerdos jóvenes. Si estos frijoles van hacer utilizados en la alimentación de cerdos deben ser sometidos a un proceso proceso de calentamiento para reducir el efecto los agentes antinutricionales (Kansas State University, 1983).

Los GSC son una fuente pobre de proteína. En experimentos realizados en los Estados Unidos se demostró que los cerdos en crecimiento (20-50 Kg) alimentados con GSC, tuvieron

aumentos de peso equivalentes sólo al 67% y requirieron un 10% más de alimento que cerdos alimentados con torta de soya procesada correctamente (Danielson, 1985 ; Hancock 1989).

Hay consenso general en cuanto a que el cerdo en la etapa de crecimiento no puede utilizar los frijoles de soya crudos tan eficientemente como la torta de soya.

Crenshaw y Danielson, (1985) citado por Pontif, y col. 1987 reportaron sin embargo, que chanchillas en gestación a con ocho meses de edad, 130 kg de peso alimentadas con dietas conteniendo GSI crudos como única fuente de proteína, tuvieron ganancias de peso eficiencias en reproducción tan buenas como chanchillas alimentadas con torta de soya. Los mismos autores citan sin embargo, que cerdos de 3.2 a 4.2 meses de edad, con 60 a 80 Kg son, incapaces de utilizar el GSI crudos tan eficientemente como cuando los frijoles de soya se daban cocidos.

Young, y col., (1967), en otros experimentos reportaron que los cerdos en crecimiento (menos de 50 Kg), pueden utilizar hasta un 25% de su proteína suplementaria en forma de GSI crudos y que cerdos maduros (más de 50 Kg.) podrían tolerar hasta 50% de su dieta suplementaria de proteína como GSC.

Crenshaw y Danielson, (1985) citado por Pontif, y col. 1987, en otros estudios con GSI crudo observaron que algunos cerdos de crecimiento y engorda podrían utilizar los GSI

crudos más eficientemente que otros. Este efecto individual, podría explicar en algo la variación que se observa en los experimentos con GSI crudo, como única fuente de proteína, que se reportan en la literatura. Esto no significa que efectivamente los inhibidores de tripsina sean menos nocivos, mientras más adulto sea el cerdo.

5.2 Soya procesada térmicamente.

El GSI cocido apropiadamente puede usarse como única fuente de proteína para toda clase de cerdos, con excepción de los cerdos pequeños, a los cuales el GSI no puede aportar más de la mitad de la proteína suplementaria de la dieta. (Bushman, 1979).

Smith (sin año), señala que el grano de soya tostado es una fuente valiosa tanto de proteína como energía y puede incluirse en formulaciones alimenticias para varias especies de ganado.

Cuando el proceso del tostado se lleva a cabo en condiciones bien controladas ocurre un mejoramiento de la calidad proteica y del crecimiento de los cerdos (Bressani, 1979).

Los cerdos alimentados con GSI extruidos aumentaron de peso con igual rapidez y eficiencia que los cerdos alimentados con torta de soya (TS), usada como fuente de proteína. (Waldroup, y col. sin año).

5.3. Ventajas del uso del GSI.

La utilización del GSI podría permitir la eliminación del intermediario en los cupos de distribución de la torta de soya y para el productor permitirle una nueva alternativa de venta directa del grano a los porcicultores.

Los porcicultores podrían producir la cantidad necesaria de GSI como fuente de proteína y a precios realmente más bajos que los de la torta de soya.

Es reconocido que la inclusión de grasa vegetal y animal en la dieta, mejora la productividad de la cerda, al igual que el rendimiento en cerdos de crecimiento y engorda. Sin embargo, muchos porcicultores no tienen el equipo o las facilidades para añadir grasas convencionales a sus dietas o el número de cerdos no justifica dicha inclusión, por lo cual el grano integral de soya tratado ofrece la posibilidad de aumentar el nivel de energía de la dieta sin incurrir en gastos por compra de grasas o aceites.

El GSI una vez tratado puede ser almacenado por largo tiempo, sin que hayan problemas de rancidez.

6. La Torta de Soya en la Alimentación de Cerdos.

La torta o pasta de soya (TS) se obtiene del grano de soya al cual se le ha extraído la grasa y ha sido molido para formar la harina y en algunas ocasiones es comprimido. Existen dos grados proteicos, la de 44% y 49% de PC. La primera se

obtiene de los frijoles de soya enteros, mientras que la de 49% de PC se obtiene del frijol de soya al cual se le ha quitado la cascarilla. El solvente hexano es utilizado para solubilizar el aceite y removerlo de las pequeñas láminas de grano partido, el contenido graso se reduce de 18% a 1%. Este proceso se lleva a cabo a temperaturas de 120-130°C, inactivando de esta manera los inhibidores de crecimiento.

La TS constituye aproximadamente dos tercios del suministro de materias primas proteicas en los E.U. (Cullison, 1983 ; Hancock, 1989).

El comportamiento de los cerdos de inicio alimentados con soya cocida fueron ligeramente inferiores a los cerdos alimentados con TS. Los resultados no fueron significativos estadísticamente, pero indican que quizá para cerdos jóvenes la torta de soya debe ser utilizada como principal fuente de proteína (Waldrup, y col. sin año).

⊗ La torta de soya es muy recomendable para balancear el contenido de proteico en dietas para cerdos ya que cuenta con un excelente balance de aminoácidos esenciales (lisina, triptófano y treonina), que son requeridos para el normal desarrollo de los animales. Aminoácidos sulfurados como son la metionina y la cistina, son deficientes en la torta de soya, pero al ser mezclada ésta con cereales las deficiencias son corregidas (Hancock, 1989 ; Garlich, 1988).

7. Efectos de la Alimentación con Soya Integral sobre
la grasa depositada en las canales de los cerdos.

7.1. Dureza de la grasa.

El valor de la grasa de los GSI es un tema que está en debate desde los años 60. Por la menor cantidad de proteína cruda del GSI (37%), comparado con la TS (44%), para igualar la proteína es necesario adicionar cerca de 20-25% más de GSI.

Si se supone esta diferencia en cantidad proteica entre las dos fuentes de proteína citados, al emplear GSI se utiliza niveles mayores de grasa, lo que puede producir grasa blanda en la canal. Por otro lado, se tiene la ventaja que al incrementar la grasa en 3% se tiene una mejoría en la eficiencia alimenticia de 5% (Kansas State University, 1983 ; Thomason, 1988).

Waldroup, y col. (sin año), condujeron varios experimentos en los cuales los GSI fueron suministrados a los cerdos como la única fuente de proteína. Esto dio como resultado dietas con exceso de energía y canales con grasa blanda debido al alto nivel de ácidos insaturados. Lo mismo Cullison, 1983 señala que el GSI entero, a pesar de ser cocido, provoca que cerdos en las etapas de crecimiento y engorde tiendan a producir canales con grasas muy suaves o blandas, si es que los GSI constituyen más del 10% de total de la ración.

Los altos niveles de ácidos linoleicos encontrados en la

grasa subcutánea de los cerdos que habían consumido GSI crudo indican el porqué se producen canales con grasa subcutánea blanda que no van a ser aceptados industrialmente por su extrema facilidad al enranciamiento y por sus características oleosas (Nardiello, y col. 1980).

Smith (sin año), reportó los resultados de un estudio en el cual se usaban granos de soya integral para reemplazar la mitad y toda la proteína de la torta de soya suplementaria. Los aumentos diarios fueron similares entre los distintos tratamientos. Las eficiencias alimenticias mejoraron a medida que se aumentaba el nivel de soya integral en la ración. Las medidas de las canales indicaban cambios en la firmeza del tocino, y el contenido de ácido linoleico en la grasa aumentó con niveles más altos de GSI. El experimento duró 80 días y los cerdos comenzaron con un peso inicial de 24 kg (Anexo 6).

La grasa de los cerdos alimentados con GSI extruídos contenían una cantidad menor de ácidos saturados y un porcentaje más alto de ácidos grasos insaturados que las canales de cerdos alimentados con torta de soya. Pruebas de calificación de sabor, jugosidad y ternura de los músculos eran iguales para los dos grupos.

MATERIALES Y METODOS.

1. Lugar y Fecha de desarrollo del estudio.

El presente experimento se realizó en la Sección de Cerdos de la Escuela Agrícola Panamericana (E.A.P.) ubicada a 36 Km de Tegucigalpa, Honduras. La E.A.P. está a 800 msnm; El estudio se llevó a cabo durante los meses de julio 89 a febrero del 90.

2. Animales.

Se utilizaron para este experimento 30 hembras y 30 machos castrados híbridos, de las razas Duroc, Yorkshire y Landrace. El peso vivo inicial en promedio fue de 20 Kg. y a los 2 ¹/₂ meses de edad aproximadamente. Estos cerdos fueron seleccionados en diferentes épocas en grupos de 20 cerdos, los cuales fueron repartidos en cinco unidades experimentales.

3. Corrales utilizados.

Cada grupo experimental fue localizado en corrales individuales de piso de cemento con áreas de defecación ranuradas, comederos de tolva y bebederos tipo tazón. El espacio por corral fue de 13.6 m² (3.7 m. x 3.7 m.). El área de defecación ranurada de cada de cada corral localizada en la parte más baja de la pendiente, era de 3.7 m².

4. Diseño Experimental.

El diseño experimental usado fue de Bloques Completos al Azar (BCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones, dando un total de 15 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo formada por cuatro cerdos (dos hembras y dos machos castrados) tomando en cuenta el sexo, peso inicial y origen de la camada.

5. Tratamientos Experimentales.

El experimento consistió en probar cuatro tratamientos térmicos aplicados al GSI para compararlos con el tratamiento control que fue hecho con torta de soya como única fuente proteica.

5.1. Tratamiento I (Grupo control).

Recibió la dieta normal que se ofrece en la unidad productiva de la Escuela Agrícola Panamericana. Su fuente proteica principal es la torta de soya.

5.2. Tratamiento II.

El suplemento proteico usado en la ración fue el GSI tostado. Para este propósito se construyó, un tostador casero, con un barril metálico de 250 litros, al cual se aplicó calor seco generado con gas propano, hasta lograr una temperatura promedio de 170°C, con rotación manual constante. La máxima

eficiencia del tostador fue de 22.5 Kg de soya cruda que fue tostada en un periodo de 27 minutos; después de cinco minutos de precalentamiento del tostador. Los frijoles una vez tostados, fueron molidos en un molino tipo martillo con una malla de paso del grosor de 2 mm, para luego ser mezclados en el concentrado.

5.3. Tratamiento III.

Los cerdos en este tratamiento recibieron su ración con soya extruída. Se uso un extrusor de sinfín, del tipo Bradley (INSTANT PRO-500) siguiendo las especificaciones de temperatura y velocidad del flujo establecidas por el manual de operación del equipo. En este caso los frijoles no necesitaron ser molidos, únicamente mezclados en el concentrado.

5.4. Tratamiento IV.

Este grupo recibió el GSI cocido. El tratamiento térmico consistió en la cocción a fuego abierto del grano de soya en agua hirviente a 96°C durante 25 minutos, a partir de la introducción de los granos de soya al agua. Los frijoles de soya después de ser cocidos, fueron ofrecidos a los cerdos en forma entera y en proporción al nivel de consumo de proteína por día. En el Anexo 7 se presenta la información usada para

ajustar los consumos de proteína/cerdo. Esta información fue derivada de los consumos estimados, tomando como base los requerimientos del N.R.C., (1979).

5.5. Tratamiento V.

Los cerdos de este grupo recibieron el concentrado formulado con grano de soya crudo molido como la única fuente proteica.

6. Alimentación.

Los cerdos con 20 a 50 Kg de peso vivo recibieron raciones de crecimiento con 15% de PC. El nivel proteico de la dieta en la etapa de engorda (50 a 90 kg de peso vivo) se disminuyó a 13% de PC. En todos los tratamientos el suplemento proteico previamente molido fue mezclado en el concentrado; con excepción del tratamiento del con frijoles de soya cocidos. El suministro de concentrado para todos los tratamientos fue ofrecido ad-libitum.

Las raciones fueron formuladas con el programa de computación FEED MASTER, tomando en cuenta los diferentes requerimientos nutricionales sugeridos por el N.R.C. (1988) para los cerdos en las etapas de crecimiento y engorda. (véase Anexo 8). La composición de las dietas para las etapas de crecimiento y engorda se presentan en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1 Composición de las dietas para la etapa de crecimiento (1).

INGREDIENTES UTILIZADOS	TRATAMIENTOS				
	I	II	III	IV	V
Maíz, grano.	68.80	64.39	64.39	64.39	64.39
Melaza.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Torta de soya.	18.65	---	---	---	---
Granos de soya integral.	---	23.14	23.14	23.14	23.14
Sal común.	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Fósforo 18.	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29
Carbonato de calcio.	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
Premix 400. *	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

* Mezcla de vitaminas y minerales

Proteínas %	13.00
Calcio %	0.70
Fósforo disp. %	0.30

Cuadro 2 Composición de las dietas para la etapa de engorda (1).

INGREDIENTES UTILIZADOS	TRATAMIENTOS				
	I	II	III	IV	V
	Torta de Soya	GSI Tostado	GSI Extraído	GSI Cocido	GSI Crudo
Maíz, grano.	74.13	70.99	70.99	70.99	70.99
Melaza.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Torta de soya.	13.28	---	---	---	---
Granos de soya integral.	---	16.47	16.47	16.47	16.47
Sal común.	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Fósforo 18.	1.42	1.35	1.35	1.35	1.35
Carbonato de calcio.	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
Premix 400. *	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

* Mezcla de vitaminas y minerales

Proteínas %	13.00
Calcio %	0.70
Fósforo disp. %	0.30

La composición química de las fuentes proteicas utilizadas para la elaboración de los concentrados en las etapas de crecimiento y engorda se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3 Composición nutricional de la torta de soya y de los granos de soya integral.

	TORTA DE SOYA	GRANOS DE SOYA
Proteína %	46.00	38.80
Fibra %	5.00	3.10
Grasa %	1.10	15.60
ED Cerdos Kcal	1,497.00	1,829.00
Calcio %	0.25	0.25
P disp. %	0.15	0.20
Tiamina mg	0.77	3.00
Riboflav. mg	1.36	1.20
Ac. Pant. mg	6.04	7.10
Metionina %	0.65	0.54
Cistina %	0.67	0.55
Lisina %	2.90	2.40
Triptofano %	0.70	0.52

Fuente: N.R.C., (1979).

7. Análisis de Laboratorio.

En el laboratorio se efectuaron los siguientes análisis:

7.1 Proteína cruda. Por el método de Kjeldahl.

(AOAC, 1980)

7.2 Actividad Ureásica. (Aguilera 1965).

7.3 Inhibidores de tripsina. Por el método modificado (Kakade, y col. 1974).

7.4 Análisis proximal. En los concentrados método de (AOAC, 1980).

El objetivo fue establecer las condiciones óptimas de los tratamientos térmicos empleados para la soya integral.

8. Evaluaciones de la Canal del cerdo.

Los animales fueron sacrificados cuando llegaron a un peso promedio por grupo de 90 Kg correspondiente a 180 días de edad aproximadamente. Los cerdos como mínimo previo a la matanza, se mantuvieron en ayuno por aproximadamente 12 horas, para evitar en lo posible un tracto gastrointestinal sobrecargado (Woltersdorf y Troeger, 1988). El método de faeneado fue el de insensibilización eléctrica (500 voltios restrainer, no mayor a los 10 segundos), inmediatamente después de ello se efectuó el corte de sangrado a los animales tendidos.

9. Análisis Estadístico.

Se efectuaron análisis de varianza y pruebas múltiples de Duncan para las variables experimentales (Steel y Torrie, 1986).

10. Variables Experimentales a Medir.

Las variables experimentales controladas en el experimento fueron:

- 10.1 Ganancia de peso: Se registró el peso de los cerdos cada 14 días hasta que llegaron a 90 Kg de peso en promedio.

10.2 Alimento consumido por cada unidad experimental.

10.3 Conversión alimenticia cada 14 días por unidad experimental y por cerdo.

Se hicieron además estudios de la calidad de la canal controlandose en los cerdos beneficiados las siguientes características.

10.4 Largo de la canal.

10.5 Rendimiento de la canal con cabeza.

10.5.1 Canal caliente.

10.5.2 Canal fría.

10.6 Área de lomo.

10.7 Manto de grasa.

Adicionalmente, se obtuvieron pesos de las siguientes vísceras.

10.8 Hígados.

10.9 Riñones.

10.10 Páncreas.

Para las variables de la 10.4 a la 10.7 se siguió las recomendaciones de Hunley (1976).

RESULTADOS Y DISCUSION.

1.- Análisis de Laboratorio.

1.1 Actividad Ureásica (AU) y Unidades Inhibidas de Tripsina (UIT) en el grano de soya integral.

En el Cuadro 4 se presenta el resumen de los resultados obtenidos para las pruebas de AU y UIT, para los GSI que recibieron los distintos tratamientos térmicos.

Cuadro 4. Resumen de los resultados de Actividad Ureásica (AU) y Unidades Inhibida de Tripsina (UIT) en GSI cruda y procesada térmicamente.

GSI	UIT/mg	AU cm ³ HCl 0.1N
Cruda	92.83	70.0
Cocidos	5.58	0.6
Tostados	5.99	0.0
Extruidos	8.79	0.2

Se puede observar que las diferencias entre los distintos tratamientos térmicos utilizados en cuanto a la presencia de UIT y AU, fueron muy pequeñas y que todos los tratamientos fueron igualmente efectivos en reducir los niveles de de UIT de 92,83 mg para GSI crudo a un rango de 5.58 a 8.79 mg para los GSI tratados y para la AU de 70 en GSI cruda a valores de 0.0 - 0.6 cm³ de HCl 0.1N en los GSI tratados.

Los valores de los factores antinutricionales

determinados en los GSI tratados térmicamente para UIT y AU están dentro del rango recomendado por Aguilera, (1965).

De acuerdo a lo antes indicado las condiciones específicas que pueden recomendarse para cada tratamiento térmico son los que aparecen en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Condiciones específicas para cada tratamiento térmico.

	Método aplicado	Carga Kg.	Temp. °C	Tiempo min
Cocido	Ebullición en agua a fuego abierto.	8.0	96	25
Tostado	Tostado a gas, en un barril metálico de 250 lts.	22.5	110	27
Extruido	Extrusor tipo Bradley (INSTANT PRO-500)	45.0	170	12

Los resultados de IT no pueden ser comparados con los de la literatura ya que cada forma comercial o variedad de soya contiene una concentración de inhibidores de tripsina diferente, por ejemplo se encontró una variedad de frijol de soya denominada "661", que tenía una actividad específica menor de inhibidores que la variedades comunes cosechadas.

2. Resultados del Experimento con Cerdos.

En el Cuadro 6 se presenta el resumen de los resultados generales del comportamiento de los cerdos en el experimento.

Cuadro 6. Resultados de las pruebas en el campo.

VARIABLES	T R A T A M I E N T O S				Error Estándar	Nivel de Sign.
	I Torta de Soya	II GSI Tostado	III GSI Extruido	IV GSI Cocido		
* Número de cerdos utilizados	12	10	11	9	---	---
Peso inicial promedio por cerdo (Kg).	20.7	21.3	21.3	21.2	---	---
Peso final promedio por cerdo (Kg).	89.7	90.6	91.0	89.8	---	---
Días ensayo	97	104	101	104	---	---
Genencia diaria de peso/cerdo (g).	715a	684a	679a	643a	0.0826	xxx
Consumo de concentrado cerdo/día (kg).	2.24a	2.30a	2.31a	2.46a	0.2977	xx
Consumo de GSI/cerdos/día (g).	---	455	457	487	---	---
Conversión alimenticia	3.24a	3.34ab	3.39ab	3.55 b	0.3949	xxx

xxx Significativo al 0.01

xxxx Significativo al 0.001.

Se observa que hubo una variación en el número de cerdos en los distintos tratamientos experimentales. Esto fue debido a una mortalidad que ocurrió principalmente en las dos primeras repeticiones, causada por un ataque agudo de Pneumonía enzootica que afecto a algunos animales. Los datos de las parcelas perdidas fueron calculados para el análisis estadístico por el programa MSTAT (Michigan State University).

2.1. Ganancias de peso.

Las ganancias de peso de los distintos tratamientos fluctuaron entre 378 a 715 g/cerdo/día (Cuadro 6).

Solo se presentaron diferencias significativas ($P < 0.01$) para el tratamiento de GSI crudo. Entre los tratamientos con GSI tratado térmicamente y el tratamiento control (TS) no hubo diferencias significativas.

En el Anexo 9 se presenta el Análisis de varianza y la Prueba Duncan para las ganancias de peso.

Esto indica que es posible sustituir la TS por el GSI procesado térmicamente sin detrimentos en la ganancia de peso en los cerdos y en la práctica no sería recomendable utilizar los GSI crudos como única fuente proteica.

Los resultados obtenidos con GSI crudos en este estudio son similares a los informados por Danielson, (1985), quien reporta que cerdos de crecimiento y engorda alimentados con GSI crudos como única fuente proteica tienen ganancias de peso

de 370 g que son inferiores a los 740 g/cerdo/día obtenidos con TS.

Pontif, y col., (1987) también informaron que al incrementar la adición de grano de soya crudos en las dietas de los cerdos para las etapas de crecimiento y finalización, reduce significativamente el aumento de peso diario.

Ganancias de peso/cerdo/día, obtenidos con GSI procesada térmicamente similares a los encontrados en este estudio fueron informados por Nardiello, y col., (1980) ; Angeles, y col., (1986), quienes no encontraron diferencias entre usar TS y los GSI ya sean estos tostados o cocidos y usados como única fuente proteica en las etapas de crecimiento y engorda

Seerley y col. (1974) citado por Waldrup y col. (sin año)) informaron que cerdos de 30 a 100 Kg, alimentados en base a GSI extruidos, aumentaron peso con igual rapidez que los cerdos alimentados con TS. Estos mismos autores informan que cuando los GSI enteros eran extruidos a temperaturas inferiores a los 143°C, las ganancias de peso diarias fueron inferiores.

2.2. Alimento consumido.

En el Cuadro 6 también se presentan los datos de los consumos de alimentos.

Analizando los promedios generales de consumo de los cinco tratamientos, se observa que al igual que sucedió con

las ganancias de peso no existe un efecto significativo ($P > 0.05$) entre los tratamientos que recibieron GSI tratados por calor (I, II, III, y IV) y el tratamiento testigo con TS .

En el Anexo 10 se presenta el análisis de variación y las pruebas de Duncan.

El tratamiento V, con GSI crudos es nuevamente significativamente menor ($P < 0.01$) a los demás tratamientos.

El máximo consumo de concentrado se observó en el tratamiento con soya cocida, (2.46 kg de concentrado por cerdo/día). Mientras que el tratamiento con soya integral cruda se observaron los menores consumos, (1.70 Kg/día). Esto indica que los GSI crudos tienen una baja palatabilidad.

En el experimento realizado por Danielson, (1985) se reportan consumos de 2.39 Kg para el concentrado suplementado con TS y 1.74 Kg/cerdo/día para el suplementado con GSI crudos.

En el Cuadro 6 se incluyen los consumos de GSI para los distintos tratamientos, calculados en base al porcentaje promedio de grano de soya que entraba en la formulación de cada concentrado. Para los GSI tratados térmicamente los consumos fluctuaron muy poco entre 455 a 487 g/cerdo/día. Sin embargo el GSI crudo, debido al bajo consumo de concentrado, presentó un consumo mucho menor de 336 g/cerdo/día.

Nardiello y col. (1980), al comparar la TS con los frijoles de soya tostados y cocinados en cerdos de crecimiento

y finalización, no encontraron diferencias significativas en consumo.

Yen, y col., (1974), atribuyen al calentamiento un efecto que no sólo reduce los inhibidores de tripsina sino también la hemoaglutinina del grano de soya crudo, sería un posible reductor del consumo de alimento diario de los animales.

2.3. Conversión alimenticia.

El tratamiento testigo con la TS como única fuente proteica, fue el que mejor eficiencia de conversión alimenticia tuvo en el transcurso de ensayo (3.24). Sin embargo, los tratamientos con frijoles de soya extruidos (3.39) y tostados (3.34), no difieren significativamente a la conversión lograda con la TS. Los cerdos que recibieron los granos de soya cocidos en agua (Trat IV), presentan valores de conversión alimenticia (3.55) que son significativamente ($P > 0.05$) inferiores al Trat I con TS. Los tratamientos con GSI procesados térmicamente, no son significativamente diferentes entre sí (Véase Anexo 11).

Los resultados de conversión alimenticia, mantienen la misma tendencia, a los que siguen las ganancias de peso y consumo de alimento con la excepción de que los cerdos que recibieron los granos de soya cocidos (Trat IV) demostraron tener eficiencias de conversión alimenticia estadísticamente inferiores al grupo testigo.

La explicación de este resultado, que no era esperado, puede estar relacionado con el hecho de que al alimentar los cerdos con GSI cocidos, húmedos y por aparte, se produjeron en algunas ocasiones problemas de fermentación de los residuos y también cierta pérdida de concentrado por defecación de los animales en el comedero.

Por lo consiguiente, esto pudo ser un factor, ya que se tenían mayores rechazos de alimento, que en los demás tratamientos. Este problema se puede solucionar en parte suministrando la soya cocida húmeda en un comedero separado.

Para el caso de los GSI crudos la eficiencia de conversión bajó aún más 4.50, resultado que si es comparado con el resto de tratamientos es significativamente ($P < 0.01$) el peor de todos.

Estos resultados de conversión alimenticia con los granos de soya procesados no concuerdan con los reportados por Smith (sin año), y Nardiello, y col., (1980), quienes concluyen que los cerdos alimentados con frijoles de soya integral tostados, extruidos o cocinados requieren menos alimento para producir un kilo de peso vivo que los alimentados con TS. Esta ventaja de los GSI tratados sobre la TS es atribuible, a los más altos niveles de grasa en los GSI que elevan considerablemente el nivel de energía en las dietas.

Los pobres resultados obtenidos con GSI crudos son muy parecidos a los que de Danielson, (1985), quien reporta

los cuatro tratamientos analizados (Véase Anexo 15).

Pontif, y col., (1987). en un experimento en que se sustituyó 33%, 67% y 100% de la TS por GSI crudos, encontraron que el área de lomo se reduce linealmente a medida que aumenta el nivel de GSI crudo en la dieta. Esta reducción no es fácil de explicar, pero puede deberse a un baja en la disponibilidad de la proteína de la dieta, debida a la presencia de los inhibidores de tripsina y de la actividad ureásica en los GSI crudos.

3.4 Manto de grasa.

En cuanto al grosor del manto de grasas el rango de valores va de 2.95 a 3.30 cm (Véase Anexo 16).

No hubo ninguna diferencia significativa entre los tratamientos de los GSI procesados (II, III y IV) al ser comparados con los valores del tratamiento testigo (I). Los resultados anteriormente expuestos son similares a los reportados en la literatura por Waldroup, y col. sin año ; Jiménez, y col., 1984 ; Nardiello, y col., 1980;.

En lo que se refiere a la firmeza y a resistencia al corte de la grasa sólo se hicieron apreciaciones táctiles y visuales , no apreciándose diferencias entre tratamientos. Al respecto en un experimento de sustitución de la TS por GSI crudos, Pontif, y col (1987), tampoco encontró en una evaluación subjetiva de las canales para la "grasa blanda" ninguna diferencia notable debido al uso de GSI crudos en la

dieta. La literatura por otro lado reporta que mientras aumenta el nivel de GSI en el alimento, el alto contenido de aceite insaturado en los frijoles enteros repercute en forma negativa en el almacenaje de las canales y posterior procesamiento de las mismas. Sin embargo aunque se ha demostrado que para este último punto con sólo disminuir la temperatura de procesamiento 1 ó 2°C esta diferencia en los productos puede solucionarse (Smith, (sin año) Nardiello y col. 1980; Waldroup y col. sin año ; Pontif y col. 1987)).

4. Peso de las Visceras.

Los datos del peso de las vísceras se presentan en el Cuadro B. Para estos parámetros si se utilizó en el análisis estadísticos los resultados de los cerdos del Tratamiento V con GSI crudo.

Estos pesos fueron ajustados de acuerdo con los peso vivos de los cerdos y se comparan de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{g de víscera}}{\text{Kg de peso vivo}} = \frac{\text{Peso de víscera}}{\text{ajustado.}}$$

Cuadro 3. Resultados del experimento para el peso de las vísceras (*).

VISCERAS.	T R A T A M I E N T O S					Nivel de Sign.
	I Torta Soya	II GSI Tostados	III GSI Extruidos	IV GSI Cocidos	V GSI Cruados	
Hígado.	16.6a	16.4a	16.4a	17.4a	18.25a	n.s.
Riñones.	2.90a	2.80a	2.70a	2.90a	2.80a	n.s.
Páncreas.	1.44a	1.48a	1.45a	1.48a	1.52a	n.s.

n.s. = No significativo

(*). Resultados expresados en términos de g/viscera/kg de peso vivo.

El análisis estadístico para los pesos ajustados de todas las vísceras no presentó diferencia significativa para los distintos tratamientos (Anexos 17, 18 y 19).

Yen, y col., (1984) condujeron un experimento para comparar distintas variedades de soya y su efecto en la alimentación de cerdos en desarrollo. Al término del experimento el páncreas fue removido, secado a 105°C por 24 horas y pesado. No se halló diferencias significativas al ($P < 0.05$), concluyendo que el peso del páncreas y de las demás vísceras está más bien asociado al tamaño y peso corporal de animal que a los factores alimenticios.

5. Análisis Económico.

5.1. Costos de alimentación.

En el Cuadro 9 se presentan los resultados de los costos de alimentación para los cinco tratamientos.

El cálculo del costo promedio por Kg de concentrado se estimó en base a los consumos promedio por cerdo en cada uno de los tratamientos, tanto para la etapa de crecimiento como para la etapa de engorda. Para efectos del cálculo de los costos de alimentación de los distintos tratamientos se consideró el precio de la TS en L. 1200.00 por tonelada y para el caso de la tonelada de los granos de soya integral, el precio de L. 1045.00 por tonelada (precios estipulados en el mercado interno de Honduras para el mes de febrero de 1990).

Cuadro 9. Resultado de los costos alimenticios por tratamientos.

	T r a t a m i e n t o s				
	I	II	III	IV	V
-Costo promedio por Kg de concentrado en Lempiras	0.707	0.759	0.715	0.701	0.694
-Eficiencia de Conversión alimenticia	3.24	3.34	3.39	3.55	4.50
-Costo/Kg de ganancia diaria, Lempiras	2.29	2.53	2.42	2.48	3.12
-Costo relativo Kg de ganancia	100	110	105	108	136

Si la diferencia de precios se mantiene en la misma proporción favorable para los granos de soya integral y suponiendo las mismas condiciones, el costo relativo por kg de ganancia económicamente más recomendable, es el del tratamiento testigo con TS como única fuente proteica. El segundo lugar lo ocupa la dieta con GSI extruidos, seguido por los GSI cocidos, tostados y crudos. (véanse Anexos del 20 al 24).

CONCLUSIONES

De acuerdo con las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo y con base en los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

1. Es posible sustituir en raciones de crecimiento y engorda de cerdos el 100% de la torta de soya (TS) como única fuente proteica, por el grano de soya integral (GSI) tratado térmicamente por los procesos de tostado, extrusión o cocción, sin afectar significativamente las ganancias de peso, ni el consumo de alimento diario. Sin embargo las ganancias de peso, consumo de alimento y eficiencias de conversión de los cerdos alimentados con GSI crudos son significativamente inferiores a las de los cerdos alimentados con TS o con GSI tratados térmicamente.

2. El tratamiento térmico que mejor se adaptaría a las condiciones y nivel de inversión del pequeño agricultor es el de los frijoles de soya cocidos a fuego abierto por un espacio de 25 minutos a partir de la ebullición del agua.

3. De acuerdo a los resultados de este experimento los niveles de acumulación de grasa dorsal no son una limitante para alimentar los cerdos con granos de soya integral tratado bajo procesamientos térmicos.

4. El peso y el tamaño del páncreas del cerdo está más relacionado con el peso vivo del animal que con los procesos fisiológicos de la secreción compensadora de la enzima pancreática inducida por la falta de tripsina en el alimento.

RECOMENDACIONES

En las mismas condiciones y para futuros trabajos se recomienda:

1. Añadir el análisis de índice de yodo de la grasa de los cerdos, para determinar posibles problemas con el nivel de saturación de las grasas en relación a los métodos de almacenamiento convencionales y posible procesamiento de embutidos de las canales.

2. Para el caso de los frijoles de soya cocida ofrecidos húmedos, se recomienda: utilizar para ello otro comedero diferente al del concentrado para evitar así pérdidas por defecaciones y disminución de consumo del concentrado.

RESUMEN

Con el objeto de evaluar el efecto de sustitución total de la torta de soya (TS) por el grano de soya integral (GSI) tratado térmicamente (tostado, extruido y cocido), se realizó un experimento con un total de 60 cerdos híbridos, (30 hembras y 30 machos castrados), con un peso vivo inicial de 20 kg. Los cerdos fueron asignados de acuerdo al peso, sexo y origen de la camada a cinco tratamientos. Los tratamientos fueron: (I) Ración testigo, a base de TS como única fuente proteica, maíz, melaza, aditivos y minerales; y las raciones en las que se reemplazó la TS por GSI tostado (II), GSI extruido (III), GSI cocida (IV) y GSI crudo (V).

Se usaron dietas isoproteicas con 15% de PC en la etapa de crecimiento de 20 a 50 Kg y 13% PC en la etapa de engorda, de 50 a 90 Kg de peso vivo. Todos los cerdos al final del experimento fueron beneficiados, realizándose evaluaciones de canal y peso de vísceras (páncreas, riñones e hígados). Los resultados de ganancias de peso (kg), consumo de alimento diario (kg) y eficiencia de conversión de alimento fueron los siguientes: (I) 715a, 2.24a, 3.24a. (II) 684a, 2.30a, 3.34ab. (III) 679a, 2.31a, 3.39ab. (IV) 643a, 2.46a, 3.55. (V) 378b, 1.70b, 4.50c. El único tratamiento con el cual las ganancias de peso y consumo de alimento fueron significativamente diferentes de los otros tratamientos fue el V, con GSI crudo.

Las eficiencias de conversión alimenticia fueron iguales para los tratamientos I, II y III; los tratamientos IV y V sin embargo son diferentes al testigo al mismo nivel de probabilidad. En las canales las variables rendimiento, largo de la canal, y grosor del manto de grasa no presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Tampoco se encontró diferencias en los pesos de los hígados, riñones y páncreas en los distintos tratamientos. Se concluye por lo tanto, que es factible sustituir el 100% de la TS por GSI tratados térmicamente sin afectar significativamente las variables anteriormente mencionadas en raciones para cerdos de crecimiento y engorda. El costo relativo por kilogramo de ganancia de peso económicamente más rentable es el tratamiento testigo, seguido por los tratamientos con GSI extruidos, cocidos, tostados crudos. Sin embargo las condiciones prácticas y económicas de estos resultados son discutidas en relación a las disponibilidades de cada región y están determinadas por la relación de costos que exista entre la TS y los GSI.

BIBLIOGRAFIA.

- ALEE, G. 1988. Versión 1988 de las tablas del N.R.C.
Industria porcina. U.S.A. Sep.-Oct p.12-22.
- AGUILERA, A. A. 1965. Stanley's. Ureasa activity test.
Ph.D. Thesis, University of Illinois, U.S.A.
- ANGELES, A. CISNEROS, F. CUARON, A. 1986. Uso efectivo
de la soya en la alimentación de cerdos para abasto
bajo condiciones tropicales. Soyanoicias. A.S.A.
México (192).
- A.O.A.C., 1980. Oficial methods of analysis of the
Association of Official Analytical Chemists.
Determinación de la proteína cruda. Washington,
D.C., U.S.A.
- B.I.D. 1986 Progreso Económico y social en la America Latina
Desarrollo Agropecuario - Informe. p.157-173.
- BRESSANI, P. 1979 Calidad proteica de la soya y su
efectividad suplementaria. Soyanoicias. A.S.A.
México. :p 14.
- BUENROSTRO, J. 1987 Soya integral- métodos de procesamiento.
Soyanoicias. México. Abril p.3-4.
- BUENROSTRO, J. 1986. La soya integral (full-fat soybean) en
la alimentación animal. Soyanoicias. México. Anuario
p. 15-16.
- BUITRAGO, J., PORTELA, E. y JIMENEZ, P. 1977 Semilla y
torta (harina) de soya en la alimentación de cerdos.
Centro Internacional de Agricultura Tropical.
Colombia. Abril. :32p.
- BUSHMAN, D. 1979. Proteínas vegetales para alimento porcino.
Soyanoicias. México. Julio (106):p.2-4.
- CHURCH, D.C. Y POND, W.G. 1987. Fundamentos de nutrición y
alimentación de animales. Trad. del inglés por Luis
Jorge Perez Calderón, México, Limusa.
- CONRAD, J. 1984. Feed formulation with soybean meal for
efficient swine production. U.S.A. January: 14p.

- CRENSHAW, M. y DANIELSON, D. 1985. Raw soybean for growing-finishing pigs. *J. anim. sci.* 60 (3): 725-730.
- CULLISON, A. 1983. Alimentos y alimentación de animales. Materias primas con alto contenido proteico. *Trat de la 1era. ed. inglesa por René Ledezma. México. p.190-200*
- DALE, N. 1988. Solubilidad de la proteína: indicador del procesado de la harina de soja. *Selecciones Avícolas. Nov. p.329-333.*
- DANIELSON, M. 1985. Raw soybeans in pig feeding. Feeding on raw soybeans during gestation. *Pig news and information. 6(1) :p.35-41.*
- DUKES, T. y SWENSON, I. 1981. Fisiología de los animales domésticos. Digestión en el intestino delgado. 4ta. ed. Trad. del inglés por Francisco Castejo. México. p. 496-502
- F.A.O. 1987. Anuario de producción.
- HANCOCK, J. 1989. Roasted, extruded, and raw soybeans in swine diets. May 1989. sp. Literature review, University of Kansas.
- HARPER, H. 1980 Manual de química fisiológica. Digestión y absorción en el sistema digestivo, 7ma. ed. México. p. 273 - 289.
- HUNSLEY, R. E. 1975. Jugamiento y evaluación del ganado Trad. del inglés por Novicow de Feldmann. B. Aires. p. 24-72.
- JIMENEZ, A., PERRY, R., PICKETT, A. y BEESON, M. 1984. Raw and heat-treated soybean for growing-finishing swine, and their effect on fat firmness. *J. Animal Sci.* 471-475p.
- GARLICH, J. 1988. Calidad de la pasta de soya. *Soyanoticias. México. Dic 1988. p. 8-11.*
- KAKADE, M.L., RACKIS, J.E., MCGHEE y PUSKI. 1974. Determination of tripsin inhibitor activity of soy products, a collaborative analysis of an improved procedure, *Cereal Chem.* 51, 376-382.
- KANSAS STATE UNIVERSITY 1983. Swine Nutrition Guide. Cooperative Extension Service. Aug. p. 7.

- LUCAS, L.E., 1965. Selection and crossbreeding for the pork producer. Extension Service, University of Nebraska College of Agriculture and home economics and U.S. Department of agriculture cooperating E.F. Frolik Dean.
- McCONNELL, J.C. 1975. Corn, wheat, milo and barley with soybean meal or roasted soybean and their effect on feedlot performance, carcass traits and pork acceptability. J. Anim. Sci. 41:1021.
- NARDIELLO, R. OLSEN, C. CASAL, J. Y GARCIA, P. 1980. Empleo del grano de soya en la alimentación de cerdos. Estación Experimental Regional Agropecuaria Pergamino. Argentina. Informe técnico no 162: 15 p.
- N.R.C. 1979. Nutrient requirements of swine N° 2. Eight revised ed. National Academy of Science. National Research Council, Washington, D.C.
- N.R.C. 1988. National Academy of Sciences. Nutrient Requirement of daily Swine. Sixth revised edition. Washington, D.C. 157 pp.
- PEREZ, A. 1982. Glosario de términos usados en el curso "Soya en la nutrición humana" 3er parte. Soyanoicias México. Nov. (146): sp.
- PONTIF, J., SOUTHERN, L., COOMBS, K., 1987. Gain, feed efficiency and carcass quality of finishing swine fed soybeans. J. anim. sci. 64 . p. 177-181.
- PORTELA, R., AVILA, P. C., LOPEZ, A., MEZA, J. H. 1987. Arroz paddy, melaza o harina de yuca con grano de soya en la alimentación porcina. Instituto Colombiano Agropecuario I.C.A. Colombia. 41p.
- SMITH, K. (Sin año) Grano de soya- un ingrediente alimenticio. Soya sirviendo al mundo. (7): (s.p.).
- SOYANOTICIAS 1979. Harina de soya integral. México. Sept. (108):p.2-4.
- SOYANOTICIAS 1985. El aceite de soya sirviendo al mundo. Trad. del inglés por Alfeso García. A.S.A. México. p.4.
- STEEL, R. y TORRIE 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. McGRAW-HILL Latinoamérica. 621 p.

- THOMASON, D. 1988. Revisión de sistemas de procesamiento soya integral. Soyanoicias. México. Dic. p. 16-18.
- WALDROUP, P., NOLAND, P., DANIELS, B. (Sin año). Frijoles de soya enteros- un alimento potencial para el ganado. Universidad de Arkansas. Asociación Americana de Soya. México. 16p.
- WOLTERSDORF, W. y TROEGER, K. 1988. Técnicas de faena para reducir el porcentaje de PSE en cerdos. Departamento Federal de investigación de Carnes, Kulmbach. Fleischwirtsch, Alemania. Español (2). 9-15.
- YEN, J., HYMOWITZ, T., JENSEN, H., -1974. Effects of soybeans of diferent trypsin - inhibitor activities on performance of growing swine. J. anim. sci. 38 (2): p. 305-307.
- YOUNG, L.G. 1967. Raw soyabeans in growing-finishing rations. Canadian J. anim. sci. 47, :p. 227-234.

A N E X O S .

Anexo 1. Producción mundial del cultivo de la Soya.

País	Área (1000 ha)		Producción (1000 t)		Rendimiento (t/ha)	
	1983	1987	1983	1987	1983	1987
E.U.	28645	22839	61969	51245	2.16	2.20
Brasil	8300	9153	14600	16876	1.76	1.80
China	8300	8404	8700	12116	1.04	1.40
Argentina	2000	3510	3400	7000	1.70	1.92
México	390	400	550	686	1.41	1.70
Paraguay	370	676	550	1025	1.49	1.50
Colombia	56	65	100	131	1.96	2.00
Bolivia	45	70	79	112	1.75	1.65
Total mundial	52417	51619	94843	98000	1.81	1.80

Fuente: USDA (1983).
F.A.O. (1987).

Anexo 2. Resumen de producción de la Soya y sus principales derivados.

La soya representa el 50% de la producción mundial de oleaginosas.

Oleaginosas	Producción (mill.tons)
Frijol de soya	102.4
Semilla de algodón	30.7
Semilla de nabo	22.8
Semilla de girasol	20.7
Cacahuate	19.5
Otras	9.5

Soya representa el 75% de las oleaginosas comercializadas en el mundo.

Oleaginosas	Comercialización (mill.tons)
Frijol de soya	29.8
Semilla de nabo	4.8
Semilla de girasol	2.1
Cacahuate	1.3
Otras	1.3

La pasta de soya representa más de 60% de las pastas de oleaginosas producidas mundialmente (Estandarizadas a 44% de PC.)

Producto	Producción (mill.tons)
Pasta de soya	67.6
Harinolina	10.4
Pasta de nabo	8.5
Pasta de girasol	7.5
Harina de pescado	9.0
Otras	6.4

La pasta de soya representa el 70% de las pastas comercializadas mundialmente.

Producto	Comercialización (mill.tons)
Pasta de soya	25.4
Harina de pescado	4.0
Pasta de nabo	1.9
Pasta de girasol	1.5
Coquito de palma	1.1
Otras	2.8

Anexo 3. Participación de los principales productos agropecuarios en los ingresos de exportación de la América Latina (1980-1984).

Producto agropecuario	% del valor en dólares
Café	23.9
Soya	14.0
Azúcar	7.4
Carne	3.8
Banano	3.7
Maíz	3.3
Otros	43.9

Fuente: Desarrollo agropecuario. BID. 1986.

Anexo 4. Producción del cultivo de la Soya en Honduras
(1979-1983).

Año	Area cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
1979	450	720	1.6
1980	381	610	1.6
1981	101	162	1.6
1982	72	35	0.49
1983	380	170	0.45

Fuente: Dirección de planificación sectorial. (M.R.N.).

Anexo 5. Criterio utilizado para determinar la calidad de los granos de soya sometidos a procesos térmicos.

cm ³ de HCL 0.1 N.	Calidad
0 - 5	muy buena
5 - 10	buena
10 - 15	regular <u>‡</u>
15 ó más	mala

La soya de calidad regular (‡) puede utilizarse en la elaboración de alimentos para aves y cerdos, suplementado con metionina; nunca para ganado que incluya urea en la dieta.

Anexo 6. Efecto de los suministros de grano de soya tostado sobre las características de las canales.

<u>Las dietas contenían</u>	TRATAMIENTOS		
	1	2	3
TS %	19.0	9.7	-
Granos de soya tostados %	-	12.5	26.0
<u>Características de las canales</u>			
Peso al sacrificio en kg.	95.5	94.1	94.6
Tocino, cm.	3.6	3.8	3.9
Valor de firmeza.	1.7	2.4	2.8
Acido linoleico, %.	12.9	18.1	21.3

Fuente: Smith, (sin año).

Anexo 7. Consumo de proteína por cerdo día.

Kg de peso vivo	Gr/ PC /día
20-25	198
25-30	247
30-35	254
35-40	260
40-50	294
50-55	328
55-60	341
60-65	369
65-70	398
70-75	426
75-80	450
80-85	460
85-100	470

Fuente: N.R.C., (1979).

Anexo B. Requerimientos Nutricionales de los cerdos
en las etapas de Crecimiento y engorda.

Niveles de consumo y rendimiento	Kg de peso vivo.	
	20-30	50-100
Ganancia de peso esperada (g/día)	700.00	820.00
Consumo de alimento esperado (g/día)	1900.00	3100.00
Eficiencia esperada	2.71	3.79
Consumo de ED/kcal/día	6460.00	10185.00
Concentración de proteína (%)	15.00	13.00

<u>Nutrientes</u>	Requerimientos (% o cantidad /Kg)	
	20-30	50-100
Aminoácidos esenciales		
Metionina + cistina	0.41	0.34
Lisina	0.75	0.60
Tryptófano	0.12	0.10
Minerales y Vitaminas		
Calcio (%)	0.60	0.50
Fósforo disponible (%)	0.23	0.15
Magnesio (%)	0.04	0.04
Vitamina A (UI)	1300.00	1300.00
Vitamina D (UI)	150.00	150.00
Biotina (mg)	0.05	0.05
Acido patoténico (mg)	7.00	7.00

Fuente: Alee, Industria porcina Sep/Oct.1988.

Anexo 9. Andeva y prueba Duncan para la variable
Ganancias de peso.

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	53	1.55			
Variable 1	11	0.26	0.023	2.27 *	.030
Variable 2	4	0.91	0.227	22.08 ***	.000
Error	38	0.39	0.010		

*= significativo al 0.05.

***= significativo al 0.001

Gran promedio= 0.620 Gran Suma= 37.190 N°. OBS.= 60
Coeficiente de Variacion= 16.36%

P R U E B A D E D U N C A N .

$s_{xx} = 2.886751E-02$ a alfa = .05

Valor DMS = $8.264557E-02$

Orden original		Orden arreglado	
Prom 1=	0.715 A	Prom 1=	0.715 A
Prom 2=	0.684 A	Prom 2=	0.684 A
Prom 3=	0.679 A	Prom 3=	0.679 A
Prom 4=	0.643 A	Prom 4=	0.643 A
Prom 5=	0.378 B	Prom 5=	0.378 B

Anexo 10. Andeva y Prueba Duncan para la variable
Consumo de alimento por cerdo día.

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	14	1.40			
Variable 1	2	0.17	0.083	3.23 ns.	.093
Variable 2	4	1.03	0.256	10.00 **	.003
Error	8	0.21	0.026		
No aditividad	1	0.03	0.033	1.34	.284
Residual	7	0.17	0.025		

ns.= no significativo.

**= significativo al 0.001

Gran promedio= 2.205 Gran Suma= 33.08 N°. OBS.= 15
Coeficiente de Variacion= 7.26%

P R U E B A D E D U N C A N .

$s_x = 26.06782$ a alfa = .05
x

Valor DMS = 85.01193

Orden original	Orden arreglado
Prom 1= 2.24 A	Prom 4= 2.46 A
Prom 2= 2.30 A	Prom 3= 2.31 A
Prom 3= 2.31 A	Prom 2= 2.30 A
Prom 4= 2.46 A	Prom 1= 2.24 A
Prom 5= 1.70 B	Prom 5= 1.70 B

Anexo 11. Andeva y Prueba Duncan para la variable
Conversión alimenticia.

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	14	3.60			
Variable 1	2	0.08	0.042	0.97	n.s
Variable 2	4	3.17	0.792	18.10	†† .000
Error	8	0.35	0.044		
No aditividad	1	0.01	0.012	0.25	
Residual	7	0.34	0.048		

ns.= no significativo.

††= significativo al 0.001.

Gran promedio= 3.607 Gran Suma= 54.10 N°. OBS.= 15
Coeficiente de Variación= 5.80%

P R U E B A D E D U N C A N .

$s_{\alpha} = .121106$ α alfa = .05

Valor DMS = .3949489

Orden original			Orden arreglado		
Prom 1=	3.24	A	Prom 5=	4.50	C
Prom 2=	3.34	AB	Prom 4=	3.59	B
Prom 3=	3.39	AB	Prom 3=	3.39	AB
Prom 4=	3.59	B	Prom 2=	3.34	AB
Prom 5=	4.50	C	Prom 1=	3.24	A

Anexo 12. Andeva para la variable Largo de la canal (cm).

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	41	535.34			
Variable 1	11	249.82	22.711	2.23 *	.043
Variable 2	3	10.90	3.632	0.36 ns.	
Error	27	274.62	10.171		

ns.= no significativo.

*= significativo al 0.05

Gran promedio= 81.044 Gran Suma= 3890.096 N°. OBS.= 48
 Coeficiente de Variacion= 3.94%

Anexo 13. Andeva para la variable Rendimiento de la canal caliente.

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	41	206.16			
Variable 1	11	66.44	6.040	1.28 ns.	.285
Variable 2	3	12.70	4.233	0.90 ns.	
Error	27	127.02	4.705		

ns.= no significativo.

Gran promedio= 81.023 Gran Suma= 3889.119 NO. OBS.= 48
 Coeficiente de Variacion= 4.30%

Anexo 14. Andeva para la variable Rendimiento de la canal fría.

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	41	197.23			
Variable 1	11	62.23	5.657	1.21 ns	.328
Variable 2	3	8.62	2.874	0.61 ns	
Error	27	126.39	4.681		

ns.= no significativo.

Gran promedio= 78.908 Gran Suma= 3787.600 N°. OBS.= 48
 Coeficiente de Variación= 2.74%

Anexo 15. Andeva para la variable Area de lomo (cm²).

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	41	644.09			
Variable 1	11	242.41	22.037	1.58 ns.	.160
Variable 2	3	25.83	8.609	0.62 ns.	
Error	27	375.85	13.920		

ns.= no significativo.

Gran promedio= 29.713 Gran Suma= 1426.247 N°. OBS.= 48
 Coeficiente de Variacion= 12.56%

Anexo 16. Andeva para la variable Manto de grasa (cm).

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	41	8.16			
Variable 1	11	2.91	0.265	1.62 *	.149
Variable 2	3	0.84	0.280	1.71 ns.	.187
Error	27	4.41	0.163		

ns. = no significativo.

* = significativo al 0.05.

Gran promedio= 3.178 Gran Suma= 152.549 N°. OBS.= 48
 Coeficiente de Variación= 12.72%

Anexo 17. Andeva para la variable Peso de los hígados.

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	53	311.45			
Variable 1	11	87.26	7.933	1.53 *	.034
Variable 2	4	27.77	6.943	1.34 ns.	.271
Error	38	196.42	5.169		

ns.= no significativo.

*= significativo al 0.05.

Gran promedio= 3.098 Gran Suma= 185.901 N°. OBS.= 60
 Coeficiente de Variacion= 14.49%

Anexo 18. Andeva para la variable Peso de los riñones.

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	53	6.78			
Variable 1	11	2.92	0.265	2.77 **	.009
Variable 2	4	0.23	0.057	0.59 ns.	
Error	38	3.64	0.096		

ns.= no significativo.

**= significativo al 0.01.

Gran promedio= 0.480 Gran Suma= 28.822 N°. OBS.= 60
 Coeficiente de Variacion= 23.32%

Anexo 19. Andeva para la variable Peso de los páncreas.

T A B L A D E A N A L I S I S D E V A R I A N Z A

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	valor-F	Prob
Total	53	2.17			
Variable 1	11	0.45	0.040	0.92	n.s.
Variable 2	4	0.05	0.013	0.30	n.s.
Error	28	1.67	0.044		

n.s.= no significativo.

Gran promedio= 0.284 Gran Suma= 17.034 N°. OBS.= 60
 Coeficiente de Variacion= 29.57%

Anexo 20. Precio de los ingredientes utilizados en el concentrado de la etapa de crecimiento y engorda con torta de soya como única fuente proteica.

INGREDIENTE	COSTO UNITARIO	% RACION 15% P.C.	VALOR x INGREDIENTE
Maíz	0.30	68.78	20.640
Melaz	0.06	10.00	0.600
Torta de Soya	0.58	18.64	10.822
Sal común	0.15	0.50	0.075
Fósforo 18	0.57	1.36	0.786
Carbonato de Ca.	0.04	0.62	0.026
Premix 400	1.67	0.10	0.167
TOTAL		100.00	33.116

INGREDIENTE	COSTO UNITARIO	% RACION 13% P.C.	VALOR x INGREDIENTE
Maíz	0.30	74.11	22.233
Melaza	0.06	10.00	0.600
Torta de Soya	0.58	13.26	7.690
Sal común	0.15	0.50	0.075
Fósforo 18	0.57	1.40	0.798
Carbonato de Ca.	0.04	0.63	0.025
Premix 400	1.67	0.10	0.167
TOTAL		100.00	31.588

Anexo 21. Precio de los ingredientes utilizados en el concentrado de la etapa de crecimiento y engorda con grano de soya integral tostado, como única fuente proteica.

INGREDIENTE	COSTO UNITARIO	% RACION 15% P.C	VALOR x INGREDIENTE
Maiz	0.30	64.36	19.308
Melaza	0.06	10.00	0.600
Soya/int.	0.47	23.12	10.866
Sal común	0.15	0.50	0.075
Fósforo 18	0.57	1.27	0.723
Carbonato de Ca.	0.04	0.65	0.026
Premix 400	1.67	0.10	0.167
*Costo del tostado-----			
Gas			2.620
Depreciación de equipo			0.040
Mano de obra			0.750
Molienda del grano			0.004
TOTAL		100.00	35.765

INGREDIENTE	COSTO UNITARIO	% RACION 13% P.C	VALOR x INGREDIENTE
Maiz	0.30	70.97	21.291
Melaza	0.06	10.00	0.600
Soya/int.	0.47	16.45	7.736
Sal común	0.15	0.50	0.075
Fósforo 18	0.57	1.33	0.758
Carbonato de Ca.	0.04	0.66	0.026
Premix 400	1.67	0.10	0.167
*Costo del tostado-----			
Gas			2.620
Depreciación de equipo			0.040
Mano de obra			0.750
Molienda del grano			0.004
TOTAL		100.00	34.067

Anexo 22. Precio de los ingredientes utilizados en el concentrado de la etapa de crecimiento y engorda con grano de soya integral extruida, como única fuente proteica.

INGREDIENTE	COSTO UNITARIO	% RACION 15% P.C	VALOR x INGREDIENTE
Maíz	0.30	64.36	19.308
Melaza	0.06	10.00	0.600
Sl./extruida	0.47	23.12	10.866
Sal común	0.15	0.50	0.075
Fósforo 18	0.57	1.27	0.723
Carbonato de Ca.	0.04	0.65	0.026
Premix 400	1.67	0.10	0.167
†Costo del extruido			
Energía			1.040
Depreciación de equipo			0.040
Mano de obra			0.130
TOTAL		100.00	32.975

INGREDIENTE	COSTO UNITARIO	% RACION 13% P.C	VALOR x INGREDIENTE
Maíz	0.30	70.97	21.291
Melaza	0.06	10.00	0.600
Soya/int.	0.47	16.45	7.736
Sal común	0.15	0.50	0.075
Fósforo 18	0.57	1.33	0.758
Carbonato de Ca.	0.04	0.66	0.026
Premix 400	1.67	0.10	0.167
†Costo del extruido			
Energía			1.040
Depreciación de equipo			0.040
Mano de obra			0.130
TOTAL		100.00	32.975

Anexo 23. Precio de los ingredientes utilizados en el concentrado de la etapa de crecimiento y engorda con grano de soya integral cocida, como única fuente proteica.

INGREDIENTE	COSTO UNITARIO	% RACION 15% P.C	VALOR x INGREDIENTE
Maiz	0.30	64.36	19.308
Melaza	0.06	10.00	0.600
Soya/int.	0.47	23.12	10.866
Sal común	0.15	0.50	0.075
Fósforo 18	0.57	1.27	0.723
Carbonato de Ca.	0.04	0.65	0.026
Premix 400	1.67	0.10	0.167
*Costo del cocido-----			
Leña			0.468
Mano de obra			0.470
Depreciación de equipo			0.007
TOTAL		100.00	32.710

INGREDIENTE	COSTO UNITARIO	% RACION 13% P.C	VALOR x INGREDIENTE
Maiz	0.30	70.97	21.291
Melaza	0.06	10.00	0.600
Soya/int.	0.47	16.45	7.736
Sal común	0.15	0.50	0.075
Fósforo 18	0.57	1.33	0.758
Carbonato de Ca.	0.04	0.66	0.026
Premix 400	1.67	0.10	0.167
*Costo del cocido-----			
Leña			0.468
Mano de obra			0.470
Depreciación de equipo			0.007
TOTAL		100.00	31.598

Anexo 24. Precio de los ingredientes utilizados en el concentrado de la etapa de crecimiento y engorda con grano de soya integral cruda, como única fuente proteica.

INGREDIENTE	COSTO UNITARIO	% RACION 15% P.C.	VALOR x INGREDIENTE
Maíz	0.30	64.36	19.308
Melaza	0.06	10.00	0.600
Soya/int.	0.47	23.12	10.866
Sal común	0.15	0.50	0.075
Fósforo 18	0.57	1.27	0.723
Carbonato de Ca.	0.04	0.65	0.026
Premix 400	1.67	0.10	0.167
TOTAL		100.00	31.760

INGREDIENTE	COSTO UNITARIO	% RACION 13% P.C.	VALOR x INGREDIENTE
Maíz	0.30	70.97	21.291
Melaza	0.06	10.00	0.600
Soya/int.	0.47	16.45	7.736
Sal común	0.15	0.50	0.075
Fósforo 18	0.57	1.33	0.758
Carbonato de Ca.	0.04	0.66	0.026
Premix 400	1.67	0.10	0.167
TOTAL		100.00	31.760