

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

USO DE DIFERENTES COMBINACIONES DE SOYA INTEGRAL Y DE
HARINA DE SEMILLA DE ALGODON EN RACIONES A BASE DE
SORGO, PARA CERDAS EN LOS PERIODOS DE GESTACION
Y LACTANCIA

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiae

Por

JEAN CAMILLE BISSERETH

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL
Turrialba, Costa Rica
1986

DEDICATORIA

A mi querida esposa
Nahomie

A mis hijos
Karl Whilhelm y Camille

A mis padres:
Gustave y Jesulía

A mis hermanos

A Peter, Bossa, Lionel,
Drice

A la promoción de la Industria
Porcina en Haití.

Al pequeño productor

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus sinceros agradecimientos al Dr. Carlos Campabadal, Consejero Principal, por sus valiosas cualidades de maestro y amigo puestas en la realización de sus estudios y su orientación en la ejecución del presente trabajo.

Al Dr. Guillermo Gómez, Ex-Profesor Consejero, principal coordinador de este trabajo, por sus consejos e intervenciones en favor del graduando.

A los miembros del Comité Asesor, Dra. María L. Kass, Dr. Carlos Chávez, Dr. Richard Taylor y M.S. Jorge Benavides, por la revisión del trabajo y sus atinadas sugerencias.

A la Empresa Porcina Americana S. A., a todo su personal y en especial al Dr. Ronald Fallas por las facilidades y colaboración prestadas en la realización de este trabajo.

Al Dr. Pedro Ferreira, Dr. Manuel Pontigo, Gustavo López, Ing. Jorge Solis, M. S. Emilio Vargas, Gerardo Rodríguez, por su apoyo en el procesamiento de los datos, análisis económico y de laboratorio.

A la Asociación Americana de Soya por brindarle la oportunidad de participar al "American Pork Congress" en los Estados Unidos como representante de Haití.

Al Gobierno de Holanda y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza por permitirle realizar sus estudios de posgrado.

Al Ministerio de Agricultura de Haití, al Organismo de Desarrollo del Valle del Artibonite, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura en Haití y Facultad de Agronomía de Haití por el apoyo e interés manifestado en su capacitación.

A todas aquellas personas que de una manera u otra le brindaron colaboración y amistad.

BIOGRAFIA

El autor nació en la Provincia de Petit-Goâve, Haití, el 28 de noviembre de 1953. Realizó sus estudios primarios en la escuela Hermanos de Instrucción Cristiana y sus estudios secundarios en los Liceos Fautin Soulouque de Petit-Goâve y Toussaint Louverture de Port-au-Prince.

En 1975, inició sus estudios universitarios en la Facultad de Agronomía y Medicina Veterinaria, egresando en 1980 con el título de Ingeniero Agrónomo.

De octubre 1980 a enero 1981, trabajó en el Distrito Agrícola de los Cayes como Agrónomo afectado a l'Ile A Vache.

De julio de 1981 a noviembre de 1981; ocupó el puesto de Agrónomo afectado a Petite Rivière de Nippes en el Distrito Agrícola de Miragoâne.

De noviembre de 1981 a febrero de 1982, desempeñó el cargo de Jefe de Servicio Agroindustria en el Organismo de Desarrollo del Valle del Artibonite.

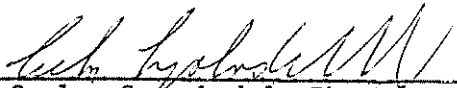
De febrero de 1982 a marzo de 1984, trabajó como Jefe de Servicio Producción Animal y Encargado de Organización Campesina en dicho organismo.

En marzo de 1984, ingresó como estudiante del Programa de Estudios de Posgrado UCR/CATIE en el Departamento de Producción Animal, graduándose de *Magister Scientiae* en agosto de 1986

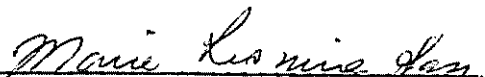
Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

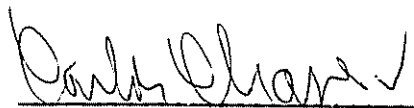
Comité Asesor:




Carlos Campabadal, Ph. D. Profesor Consejero



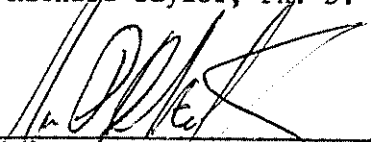
María L. Kass, Ph. D. Miembro del Comité




Carlos Chaves, Ph. D. Miembro del Comité



Richard Taylor, Ph. D. Miembro del Comité



José Francisco Di Stefano G., Ph. D.
Director del Programa de Estudios de
Posgrado en Ciencias Agrícolas y
Recursos Naturales, UCR-CATIE



Luis Estrada Navas, Ph. D.
Decano, Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica



Jean Camille Bissereth
Candidato

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	ix
SUMMARY.....	xi
RESUME.....	xiii
LISTA DE CUADROS.....	xv
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Características nutricionales de la harina de semilla de algodón y de la soya integral.....	3
2.1.1 Valor nutritivo de la harina de semilla de algodón.....	3
2.1.1.1 Proteína cruda.....	4
2.1.1.2 Grasa.....	5
2.1.1.3 Fibra cruda.....	7
2.1.1.4 Valores energéticos.....	7
2.1.1.5 Vitaminas y minerales.....	8
2.1.2 Valor nutritivo de la soya integral.....	8
2.1.2.1 Proteína cruda.....	8
2.1.2.2 Grasa.....	10
2.1.2.3 Fibra cruda.....	10
2.1.2.4 Valores energéticos.....	11
2.1.2.5 Vitaminas y minerales.....	11
2.2 Compuestos tóxicos.....	12
2.2.1 Gosipol en harinas de semilla de algodón.....	12
2.2.2 Inhibidores de proteasas en frijoles soya.....	15
2.3 Evaluaciones nutricionales de la harina de semilla de algodón y de soya integral en cerdos.....	18
2.3.1 Harina de semilla de algodón.....	18
2.3.2 Soya integral.....	23
3. MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1 Lugar de realización.....	27
3.2 Procedimiento experimental.....	27
3.2.1 Manejo durante el período de gestación.....	27
3.2.2 Manejo durante el período de lactancia.....	29

	Página	
3.3	Tratamientos experimentales.....	30
3.4	Diseño experimental y análisis estadístico.....	31
3.5	Variables biológicas en estudio.....	34
3.6	Análisis de laboratorio y prueba de digestibilidad.....	35
3.7	Análisis económico.....	36
4.	RESULTADOS.....	37
4.1	Período de gestación.....	37
4.1.1	Peso al día 112.....	37
4.1.2	Peso post-parto.....	37
4.1.3	Ganancia total.....	37
4.1.4	Ganancia neta.....	39
4.2	Período de lactancia.....	39
4.2.1	Nacidos totales.....	39
4.2.2	Nacidos vivos.....	42
4.2.3	Peso de la camada al nacer.....	42
4.2.4	Peso lechón al nacer.....	42
4.2.5	Número de lechones destetados.....	43
4.2.6	Peso de la camada destetada.....	43
4.2.7	Peso lechón al destete.....	43
4.2.8	Peso de la cerda al destete.....	44
4.2.9	Cambio de peso de la cerda.....	44
4.2.10	Número de días abiertos.....	44
4.3	Efecto del número de parto de la cerda.....	45
4.3.1	Etapas de gestación.....	45
4.3.2	Etapas de lactancia.....	45
4.4	Efecto de la interacción parto dietas.....	48
4.5	Resultados económicos.....	52
4.6	Resultados del análisis de laboratorio y prueba de digestibilidad.....	56
5.	DISCUSION.....	60
6.	CONCLUSIONES.....	67
7.	RECOMENDACIONES.....	69
8.	LITERATURA CITADA.....	70
9.	APENDICE.....	76

USO DE DIFERENTES COMBINACIONES DE SOYA INTEGRAL Y DE HARINA
DE SEMILLA DE ALGODON EN RACIONES A BASE DE SORGO PARA
CERDAS EN LOS PERIODOS DE GESTACION Y LACTANCIA

Palabras claves: soya integral, harina de semilla de algodón, sorgo, cerdas.

RESUMEN

Las semillas de soya y algodón son materia prima para la extracción de aceite, para el consumo humano. Así mismo se obtiene subproductos, como harina de soya y harina de semilla de algodón las cuales son ampliamente utilizadas en la alimentación animal. No obstante, los granos de soya pueden suministrarse en forma integral sin extraer el aceite.

El objetivo del trabajo fue: evaluar los efectos biológicos y económicos de diferentes combinaciones de harina de semilla de algodón y de soya integral en raciones a base de sorgo para cerdas gestantes y lactantes.

El estudio se llevó a cabo en la granja "Porcina Americana, S. A.", Cartago, Costa Rica. Un total de 120 cerdas (Yorkshire-Landrace) fueron repartidas aleatoriamente en seis grupos de 20 cerdas cada uno (10 cerdas primerizas y 10 cerdas de segundo parto). La base de las raciones fue el sorgo, el cual aportó una cantidad constante de proteína; las cantidades complementarias fueron aportadas por las combinaciones siguientes de fuentes proteicas (tratamientos): 1) Testigo, 100 % harina de soya (HS); 2) 100 % harina de semilla de algodón (HSA); 3) 75 % HSA + 25 % soya integral (SI); 4) 50 % HSA + 50 % SI; 5) 25 % HSA + 75 % SI; 6) 100 % SI. Las dietas fueron calculadas con 13 por ciento de proteína cruda (PC) para gestación y 14 por ciento PC para lactancia. Las dietas presentaron coeficientes de digestibilidad de materia seca y de proteína cruda que variaron entre 88,02 a 88,30 % y 84,05 a 84,68 %, respectivamente. El experimento se inició el día de la monta de cada animal. Las raciones de gestación se suministraron a razón de 1,82 kg/día/cerda hasta el día 112 de dicha etapa. Las raciones de lactancia se suministraron después del parto y hasta el destete realizado a los 28

días de edad de los lechones. El efecto de los tratamientos se evaluó a través de las variables biológicas (rendimientos de camadas, cambios de peso de las cerdas), y económicas (costos de producción de lechones).

Se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0,05$) para las variables peso al día 112, peso post-parto y ganancia total. Las dietas 2 y 5 mostraron en las cerdas los cambios de peso más favorables en comparación con los demás tratamientos.

No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos para las variables nacidos totales, nacidos vivos y peso de la camada al nacer. Tampoco se encontraron diferencias relevantes ($p > 0,05$) entre tratamientos para las variables número de lechones destetados y peso de la camada al destete.

Las primerizas tuvieron rendimientos reproductivos ligeramente superiores a las cerdas de segundo parto aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).

Las cerdas que consumieron la dieta 6 perdieron más peso durante la lactancia pero mostraron mejor eficiencia reproductiva al volver en celo durante un tiempo más corto comparativamente a los demás tratamientos.

Niveles de 15,92 y 19,05 por ciento HSA como fuente proteica en raciones de cerdas gestantes y lactantes, respectivamente, no causaron ningún transtorno biológico, ni tampoco afectaron los rendimientos reproductivos de las cerdas.

Las raciones 2 y 4 requirieron menor cantidad de alimento para producir un kilo de lechón al destete, presentaron el costo mínimo por kilogramo de lechón destetado, y generaron mayor ingreso, tomando en cuenta sólo los costos de alimentación, en comparación con el resto de los tratamientos.

THE USE OF DIFFERENT COMBINATIONS OF FULL - FAT SOYBEAN AND
COTTONSEED MEAL IN SORGHUM BASED DIETS FOR SOWS DURING
GESTATION AND LACTATION

Key words: Full-fat soybean, cottonseed meal, sorghum, sows.

SUMMARY

Soybean and cottonseeds are raw materials used to extract oil for human consumption. By products, obtained from these materials such as soybean meal and cottonseed meal are used to feed animals.

The objective of this work was to evaluate the biological and economical effects of different combinations of cottonseed meal and full-fat soybean in sorghum based diets for sows during gestation and lactation periods.

The trial was conducted on the farm "Porcina Americana S.A.", Cartago, Costa Rica. A total of 120 sows (Yorkshire-Landrace) were divided at random into six groups of 20 sows each (10 gilts and 10 second litter sows). A sorghum based ration which provided a constant quality of protein was used; the complementary quantities of protein were provided by the following combinations of sources (treatments): 1) Control, 100 % soybean meal (SM); 2) 100 % cottonseed meal, (CSM); 3) 75 % CSM + 25 % full-fat soybean, (FFS); 4) 50 % CSM + 50 % FFS; 5) 25 % CSM + 75 % FFS; 6) 100 % FFS. Diets were calculated with 13 % crude protein (CP) for gestation and 14 % CP for lactation. Coefficients of digestibility of dry material and crude protein varied from 88.02 to 88.30 % and 84.05 to 84.68 %, respectively.

The experiment began at mating. The gestation rations were administered at the rate of 1.82 kg/day/sow until day 112 of gestation. The lactation rations were administered after farrowing until weaning, carried out at the age of 28 days of the piglets. The effects of the treatment was evaluated through biological variables (litter yield, change of weight of the sows) and economical variables (feed production cost of piglets).

Statistically differences were found between treatments ($p < 0.05$) for the change of weight on day 112, post-farrow weight and total gain. The rations 1 and 5 showed favorable changes of weight in comparison with the other treatments.

There were no significant differences ($p > 0.05$) between treatments for the total borned, alive borned and litter weight at birth; nor were relevant differences found ($p > 0.05$) between treatments for litter size at weaning and litter weight at weaning.

The gilts had reproductive yield lightly superior to the sows, although there were no significant statistical differences ($p > 0.05$).

The sows on rations 6 lost more weight during lactation but entered in heat during a short periods in comparison with other treatments.

Although 15.92 and 19.05 % CSM, as a protein source, was put in the rations of sows during gestation and lactation, respectively, it did not affect the reproductive performance of sows.

The rations 2 and 4 required less quantity of food to produce a kilo of piglets at weaning, presented the minimum cost per kilogram of weaning piglet, and generated more income, in terms of food in comparison with the rest of the treatments.

UTILISATION DE DIFFERENTES COMBINAISONS DE SOYA INTEGRALE ET
DE TOURTEAU DE COTON DANS LES RATIONS A BASE DE SORGHO POUR
LES TRUIES EN PERIODE DE GESTATION ET LACTATION.

Mots clés: soya intégrale, tourteau de coton, sorgho, truies.

RESUME

Les graines de soya et de coton constituent la matière première de la production d'huile de table et de cuisine. Des sous-produits tels que tourteaux de soya et de coton, très utilisés en alimentation animale, en sont aussi obtenus. En outre, les graines de soya peuvent être administrées directement sans extraire l'huile.

L'objectif de cet essai a été d'évaluer les effets biologiques et économiques de différentes combinaisons de tourteaux de coton et de soya intégrale dans les rations à base de sorgho afin d'alimenter les truies gestantes et lactantes.

L'essai a été réalisé sur une ferme d'élevage porcin: "Porcina Americana S.A.". Cartago, Costa Rica. Cent vingt (120) truies (Yorkshire - Landrace) ont été distribuées au hasard en six groupes de 20 (10 jeunes truies et 10 adultes de deuxième portée). Le sorgho, utilisé comme élément de base des différentes rations, apporta une quantité constante de protéine; la balance protéique a été complétée par les combinaisons suivantes (traitements): 1) Témoin, 100 % tourteau de soya; (TS); 2) 100 % tourteau de coton, (TC); 3) 75 % TC + 25 % soya intégrale, (SI); 4) 50 % TC + 50 % SI; 5) 25 % TC + 75 % SI; 6) 100 % SI. Les rations ont été calculées sur une base de 13 % de protéine brute, (PB) pour les truies en gestation et 14 % PB pour les lactantes. Les coefficients de digestibilité de matière sèche et de protéine brute variaient de 88,02 à 88,30 % et de 84,05 à 84,68 %, respectivement. L'expérience a commencé immédiatement après le croisement de ces truies. Les rations de gestation ont été administrées à raison de 1,82 kg/jour/truie jusqu'au cent dixième jour. Les rations de lactation ont été administrées après la mise bas et jusqu'au sevrage à 28 jours d'âge des porcelets.

L'effet des traitements a été évalué par les variables biologiques; (rendements de portée, variation en poids des truies) et économiques (coût de production des porcelets).

On a observé une différence significative ($p < 0,05$) entre les traitements pour les variables suivantes: poids au cent dixième jour, poids après la mise bas et gain total. Les diètes 1 et 5 montrèrent des variations en poids plus grandes par rapport aux autres traitements.

Il n'y eut pas de différence significative ($p > 0,05$) entre les traitements pour les variables: nombre de porcelets nés, nombre de porcelets nés vivants et poids de la portée à la naissance. Ne furent pas non plus significatives ($p > 0,05$) les variables nombre de porcelets sevrés et poids de la portée au sevrage.

Les jeunes truies ont eu des résultats à la reproduction légèrement plus élevés que les adultes bien qu' il n' y eût pas de différence significative ($p > 0,05$) entre les variables.

Les truies qui reçurent la ration 6 ont perdu plus de poids durant la lactation mais montrèrent une meilleure efficacité reproductive en rentrant en rut dans une période relativement plus courte que les autres.

Les truies gestantes et lactantes, alimentées par un apport protéique de 15,92 et 19,05 % de TC, n'ont présenté aucun trouble biologique notable, ni aucune diminution de leurs rendements reproductifs.

Les rations 2 et 4 requièrent une quantité moindre d'aliments en vue de produire un kilo de porcelet au sevrage, aussi ont-elles présenté le coût minimum par kilo de porcelet au sevrage et génèrent ainsi un meilleur revenu en terme d'aliment comparativement aux autres traitements étudiés.

LISTA DE CUADROS

En el texto	Página
Cuadro N°	
1 Composición química de la harina de semilla de algodón, soya integral y harina de soya.....	4
2 Contenido de aminoácidos esenciales de la harina de semilla de algodón, soya integral y harina de soya....	6
3 Composición (%) de las dietas experimentales para cerdas gestantes.....	32
4 Composición (%) de las dietas experimentales para cerdas lactantes.....	33
5 Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre los rendimientos productivos de cerdas gestantes.....	38
6 Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre los rendimientos reproductivos de cerdas lactantes.....	40
7 Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre los rendimientos productivos de cerdas lactantes.....	41
8 Efecto del número de parto sobre los rendimientos productivos de cerdas gestantes.....	46
9 Efecto del número de parto sobre los rendimientos reproductivos de cerdas lactantes.....	47
10 Efecto del número de parto sobre los rendimientos productivos de cerdas lactantes.....	47
11 Interacción parto tratamiento para variables productivas inherentes a cerdas gestantes.....	49
12 Interacción parto tratamiento para variables productivas inherentes a cerdas lactantes.....	50
13 Interacción parto tratamiento para variables productivas inherentes a cerdas lactantes.....	51
14 Costo de 100 kg de dietas experimentales consumidas por cerdas gestantes.....	53

Cuadro N°		Página
15	Costo de 100 kg de dietas experimentales consumidas por cerdas lactantes.....	54
16	Respuesta económica del efecto de diferentes combinaciones de soya integral y harina de semilla de algodón en la alimentación de cerdas gestantes y lactantes...	55
17	Análisis químico de materia seca y proteína cruda de las dietas experimentales en los períodos de gestación y lactancia.....	57
18	Digestibilidad <i>IN VIVO</i> de materia seca y proteína cruda de las dietas experimentales en el período de gestación.....	59

En el Apéndice

1A	Cantidad de alimento ofrecido a la cerda durante el período de lactancia y gestación.....	78
2A	Suma de cuadrados correspondientes al análisis de varianza de las variables para las cuales el efecto de peso a la monta fue significativo.....	79
3A	Suma de cuadrados correspondientes al análisis de varianza de las variables para las cuales el efecto de peso a la monta no fue significativo.....	80
4A	Suma de cuadrados correspondientes al análisis de varianza de las variables para las cuales el efecto de peso a la monta no fue significativo.....	81
5A	Composición porcentual de la dieta preiniciador utilizada en la granja "Porcina Americana, S. A.".....	82
6A	Costo de las materias primas utilizadas en la investigación.....	83
7A	Lista de los datos observados y registrados durante el período experimental.....	84
8A	Lista de los datos observados y registrados de la prueba de digestibilidad <i>IN VIVO</i> de proteína cruda y materia seca para las dietas experimentales.....	87
9A	Desviación estándar ($S\bar{x}$) para las variables correspondientes a los rendimientos productivos de cerdas gestantes.....	88

Cuadro N°		Página
10A	Desviación estándar ($S\bar{x}$) para las variables correspondientes a los rendimientos reproductivos de cerdas lactantes.....	89
11A	Desviación estándar ($S\bar{x}$) para las variables correspondientes a los rendimientos productivos de cerdas lactantes.....	90

1. INTRODUCCION

La creciente demanda de proteínas en la alimentación humana incide considerablemente sobre la disponibilidad y los costos de los alimentos tradicionalmente usados en la nutrición animal. Una de las mayores limitantes en el trópico para la producción de carne, especialmente de aves y cerdos, es la disponibilidad de fuentes proteicas. En las dietas prácticas, el aporte de proteína reviste gran importancia tanto nutricional como económica.

En los países tropicales las fuentes proteicas tradicionales de alto valor biológico (harina de pescado, harina o torta de soya) son generalmente importadas, ocasionando un egreso considerable de divisas. Aunque el cultivo de la soya puede dar resultados satisfactorios en el trópico, su procesamiento para la extracción del aceite y la obtención de la harina de soya, es costoso. Por otro lado, el cultivo de algodón está ampliamente difundido en las regiones del trópico seco, pero la harina de semilla de algodón, subproducto de la extracción del aceite, es relativamente poco usada en las raciones de aves y cerdos. La presencia de compuestos tóxicos, tales como el gossipol en la harina de semilla de algodón y los inhibidores de proteasas en los granos de soya crudos, han limitado su uso en las raciones de monogástricos. Sin embargo, existen formas para reducir o contrarrestar la toxicidad del gossipol, así como procesamientos para reducir o eliminar los efectos de los principios tóxicos del grano de soya.

Una alternativa para sustituir el empleo de fuentes proteicas tradicionales, lo puede constituir el uso de combinaciones de soya integral

y de harina de semilla de algodón, las cuales pueden ser producidas en las regiones tropicales. La mayor parte de la evidencia experimental para asegurar un uso adecuado tanto de la harina de semilla de algodón como de la soya integral se ha obtenido con cerdos en crecimiento y acabado. Por otro lado, prácticamente no existe información sobre el uso combinado de estas dos fuentes proteicas, las cuales son potencialmente importantes en las regiones tropicales.

Por lo expuesto y considerando que los rendimientos reproductivos son la base del éxito de toda actividad pecuaria, la presente investigación tuvo como objetivos:

General

Evaluar el efecto biológico y económico de diferentes combinaciones de harina de semilla de algodón con soya integral en raciones a base de sorgo para cerdas gestantes y lactantes.

Específicos

-Estudiar y comparar los rendimientos productivos de las cerdas en los períodos de gestación y lactancia.

-Determinar el costo de alimentación para producir un kilo de lechón al destete y el ingreso tomando en cuenta sólo los costos de alimentación.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Características nutricionales de la harina de semilla de algodón y de la soya integral

2.1.1 Valor nutritivo de la harina de semilla de algodón

El valor nutritivo de la harina de semilla de algodón depende primordialmente del tipo de procesamiento a que haya sido sometida durante la extracción del aceite (Buitrago *et al.*, 1977). Esto determinará el nivel de proteína en la torta (por calor), de fibra (por cantidad de cáscara), extracto etéreo (por cantidad de aceite residual) y de gossipol libre. Pero aún bajo el mismo tipo de procesamiento, existe una gran variabilidad en su valor nutritivo (Buitrago, Corzo y Jiménez, 1970; Bushman, 1978).

La composición química y el valor nutritivo de la harina de semilla de algodón cambian según la variedad que se utilice, la época de cosecha y las condiciones de almacenamiento. Pero el factor que más influye en este sentido es el proceso industrial al cual se someta la semilla para extraer el aceite (Bressani *et al.*, 1968, Buitrago *et al.*, 1977).

Los métodos de extracción comúnmente usados son por prensa, pre-prensa solvente y solvente. Cualquiera que sea el tipo de extracción, las harinas de semilla de algodón contienen niveles de proteína cruda similares de aproximadamente 41 por ciento; sin embargo, el contenido de aceite residual (extracto etéreo) de la harina obtenida por prensa es mayor que el encontrado en las harinas obtenidas por los otros dos procesos (Buitrago *et al.*, 1977). Los métodos o procesos de extracción afectan

también el contenido y en especial la forma del gossipol, así como la calidad proteica de las harinas.

2.1.1.1 Proteína cruda

Los valores de proteína para la harina de semilla de algodón, normalmente fluctúan entre 35 - 50 por ciento, teniéndose un valor común en las tortas usadas en Costa Rica de 38 a 40 por ciento (Noland *et al.*, 1968; Buitrago *et al.*, 1977; Campabadal, 1981). Sin embargo, observese en el Cuadro 1, que la harina de semilla de algodón posee un contenido ligeramente menor de proteína cruda que la harina de soya.

Cuadro 1. Composición química de la harina de semilla de algodón, soya integral y harina de soya (NRC, 1979).

Constituyentes	Harina de semilla de algodón	Soya integral	Harina de soya
Materia seca (%)	92,00	90,00	89,00
Proteína cruda (%)	41,40	37,00	44,00
Extracto etéreo (%)	1,50	18,00	0,80
Fibra cruda (%)	11,30	5,50	7,30
Calcio (%)	0,15	0,25	0,29
Fósforo (%)	0,97	0,58	0,65
Energía digestible (kcal/kg)	2689,00	4056,00	3350,00
Energía metabolizable (kcal/kg)	2555,00	3540,00	3090,00

Bressani *et al.* (1968), al analizar la composición química de 165 muestras de harina de semilla de algodón procedentes de diferentes fábricas y países centroamericanos, obtuvieron valores entre 35,8 a 51,8 por ciento para la proteína.

El sobrecalentamiento de la torta de algodón da por resultado una liberación disminuida de lisina, triptófano, metionina y lisina por hidrólisis enzimática (Meade, 1978).

La forma en que se procesa la harina de semilla de algodón hace que el resultado sea diferente en el valor nutritivo de la proteína (Bushman, 1978). El tipo de procesamiento, puede dañar la disponibilidad de la lisina, especialmente el calor que hace que la lisina se combine con carbohidratos y con el gósipol, y forme un complejo no asimilable para el cerdo (Bushman, 1978; Buitrago *et al.*, 1977).

El patrón de aminoácidos de la harina de semilla de algodón (Cuadro 2) es ligeramente inferior al de la harina de soya. La lisina es el principal aminoácido esencial para la nutrición del cerdo, pero es el primer aminoácido limitante en la harina de semilla de algodón (Bushman, 1978).

2.1.1.2 Grasa

La harina de semilla de algodón de buena calidad, no debe pasar de 5 - 6 por ciento de extracto etéreo, ya que estas cantidades de grasa favorecen los procesos oxidativos bajo condiciones ideales de temperatura y humedad (Buitrago *et al.*, 1977). Además, la cantidad de aceite residual no debe pasar de 0,1 por ciento en la

dieta, ya que este aceite contiene ácidos grasos ciclopropenoides, como el ácido estercúlico, que produce efectos adversos en ponedoras y disminuye los rendimientos en cerdos cuando se consume en grandes cantidades. Esto se debe a la acumulación de los ácidos esteárico y palmítico en la grasa de depósito del cerdo (Buitrago *et al.*, 1977; Campabadal, 1981).

Cuadro 2. Contenido de aminoácidos esenciales de la harina de semilla de algodón, soya integral y harina de soya (NRC, 1979).

Aminoácidos	Harina de semilla de algodón	Soya integral	Harina de soya
Arginina (%)	4,60	2,80	3,30
Histidina (%)	1,10	0,90	1,20
Isoleucina (%)	1,30	2,00	2,40
Leucina (%)	2,40	2,80	3,50
Lisina (%)	1,71	2,40	2,93
Metionina (%)	0,50	0,50	0,70
Fenilalanina (%)	2,20	1,80	2,30
Treonina (%)	1,32	1,50	1,81
Triptófano (%)	0,47	0,55	0,62
Valina (%)	1,90	1,80	2,30
Cistina (%)	0,60	0,60	0,70

Los resultados obtenidos por Bressani *et al.* (1968) revelan un contenido de grasa que fluctúa entre 2,5 y 8,3 por ciento, para la harina de semilla de algodón producida a nivel centroamericano, el cual fue

relativamente alto. Desde el punto de vista industrial, los valores que exceden de cinco por ciento se traducen en pérdidas económicas aunque desde el ángulo de la nutrición de la grasa adicional es favorable como fuente de energía.

2.1.1.3 Fibra cruda

Es una de las grandes limitantes de la harina de semilla de algodón en dietas para monogástricos. Esta se encuentra generalmente entre 10 - 13 por ciento, lo cual hace que el animal baje los rendimientos al no poder digerir bien este componente. La fibra cruda no debe exceder al 7,5 por ciento de la dieta de cerdos, pero tampoco debe bajar de 4,5 por ciento (Hale, Lyman y Smith, 1958). El contenido de la fibra de la harina de semilla de algodón depende de la cantidad de cáscara que ésta contenga.

Bressani *et al.* (1968) encontraron para harinas producidas a nivel centroamericano variaciones en los valores de fibra cruda, en un ámbito de 4,2 a 14,2 por ciento. A nivel latinoamericano, independientemente del método de procesamiento, se reportan valores para la fibra cruda de 3,2 hasta 16,7 por ciento (Bushman, 1978).

2.1.1.4 Valores energéticos

Los valores de energía digestible y metabolizable (Cuadro 1) en la harina de semilla de algodón varían ampliamente, debido a que estos valores dependen del nivel de fibra, grasa y gossipol de este ingrediente, porque interfiere en la digestión y absorción de proteínas y carbohidratos (Buitrago *et al.*, 1977). En contraste, Husby y

Kroening (1971) no encontraron efecto por el gosipol presente en el valor energético de la torta de algodón, pero sí un efecto por fibra en la torta. Se determinó que a mayor contenido de ésta se presentaba menor energía digestible y metabolizable.

2.1.1.5 Vitaminas y minerales

Bressani *et al.* (1968), comprobaron que las altas temperaturas son responsables de la cantidad de vitaminas y de la completa destrucción de la riboflavina, vitamina que es sensible al calor.

La harina de semilla de algodón presenta un nivel bajo de calcio (0,15 por ciento) pero alto en fósforo (0,97 por ciento; Cuadro 1) donde el 90 por ciento es de origen fítico.

2.1.2 Valor nutritivo de la soya integral

La soya integral presenta una composición química de alto valor nutritivo, aunque el contenido total de nutrimentos es menor que el de la harina de soya (Cuadro 1), por su mayor contenido de grasa. Bajo una base libre de extracto etéreo, ambos productos contienen niveles nutritivos similares (Smith, 1978).

2.1.2.1 Proteína cruda

La soya integral contiene niveles de proteína que fluctúan de 37 a 39 por ciento con un valor promedio de 38 por ciento. Esta proteína presenta un buen patrón de aminoácidos (Cuadro 2) aunque la metionina, el triptófano y la treonina pueden llegar a ser limitantes

(Bushman, 1978).

Existe una variación en el contenido de aminoácidos limitantes entre muestras de soya integral. Buitrago, Portela y Jiménez (1977) reportan un contenido de lisina, metionina y triptófano de 1,9; 0,39 y 0,36 por ciento, respectivamente; mientras que el NRC (1979), Cuadro 2, presenta valores de 2,4; 0,50 y 0,55 por ciento para los aminoácidos en mención, respectivamente. Estas variaciones se deben al procesamiento y nivel de grasa de la soya (Smith, 1978).

El patrón de aminoácidos de la soya integral es ligeramente inferior al de la torta de soya (Cuadro 2), pero con una disponibilidad similar (Buitrago, Jiménez y Portela, 1977; Smith, 1978).

La proteína de la soya integral es una de las más digeribles de las materias primas utilizadas en nutrición animal. Crampton y Harris (1969) reportan coeficientes de digestibilidad de la proteína de 90 por ciento para rumiantes y 81,8 por ciento para cerdos con valores de proteína digerible de 34,1 y 31 por ciento, respectivamente. Sin embargo la digestibilidad de la proteína está íntimamente relacionada con método y tiempo de procesamiento. Combs *et al.* (1967) encontraron que, autoclavando la soya integral cruda por 15, 20 y 120 minutos a $1,40 \text{ kg/cm}^2$, la digestibilidad de las proteínas aumenta de 44,4 por ciento para la soya cruda hasta 68 por ciento para 120 minutos de procesamiento. La disponibilidad de la lisina aumentó al someter la soya a un tratamiento calorífico (Laurence, 1979).

2.1.2.2 Grasa

La soya integral por su alto contenido de aceite es una excelente fuente de energía (Smith, 1978). En el caso de la soya integral el aceite no se extrae y por lo tanto el contenido del extracto etéreo es del orden del 18 por ciento (Young, 1970; NRC, 1979). Esta situación permite explicar la mayor eficiencia de conversión alimenticia que se observa en cerdos en desarrollo y engorde alimentados con soya integral (Buitrago, Portela y Jiménez, 1977).

La semilla de soya integral contiene gran cantidad de ácidos grasos no saturados (especialmente ácido linoléico), lo cual influye en la grasa de depósito del cerdo. Las canales de cerdos alimentados con semilla de soya generalmente tienen menor firmeza, un mayor índice de yodo y grasa de consistencia blanda. La grasa de estos animales contiene menos ácido oleico y más ácido linoléico que la de cerdos alimentados con torta de soya.

2.1.2.3 Fibra cruda

La soya integral, igual que la torta de soya contiene niveles bajos de fibra cruda (Cuadro 1). Este nutrimento fluctúa de 5,0 a 5,5 por ciento (Smith, 1978; NRC, 1979). Sin embargo, uno de los principales inconvenientes para la utilización de los productos de soya se presenta, 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 (Buitrago, Portela y Jiménez, 1977).

2.1.2.4 Valores energéticos

Una de las ventajas de la utilización de la soya integral es su alto contenido de energía digestible (4056 kcal/kg) y metabolizable (3540 kcal/kg; NRC, 1979). El contenido de energía digestible varía de 4048 (Crampton y Harris, 1969) a 4500 kcal/kg (Buitrago, Portela y Jiménez, 1977). Sin embargo, estos mismos autores informan valores de 3542 y 3800 kcal/kg de energía metabolizable. Estos valores se justifican por mayor concentración de aceite (18 por ciento) que queda sin extraerse.

2.1.2.5 Vitaminas y minerales

La soya integral es una fuente baja de calcio (0,27 por ciento) y fósforo (0,49 por ciento), así como de la mayoría de los minerales traza (NRC, 1979; Cuadro 1).

El contenido de vitaminas de la soya integral es variable, presenta niveles altos de ácido fólico, tiamina y colina pero contiene niveles de medios a bajos de las demás vitaminas (NRC, 1979).

En general, las características nutricionales de la harina de semilla de algodón y de la soya integral a juzgar por su composición química son satisfactorias para ser empleadas en la alimentación animal. Sin embargo, según los contenidos del gósipol en la harina de semilla de algodón y de los inhibidores de proteasas en la soya, su uso es limitado en la alimentación de monogástricos.

2.2 Compuestos tóxicos

2.2.1 Gosipol en harinas de semilla de algodón

Las semillas de algodón, a partir de las cuales se obtiene la harina de semilla de algodón como un subproducto de la extracción del aceite, contienen un pigmento polifenólico (gosipol) el cual es tóxico para animales monogástricos. El gosipol se encuentra presente en la harina de semilla de algodón en forma libre o combinado. Analíticamente (Smith, 1968), el contenido de gosipol total se obtiene por un tratamiento ácido que permite su liberación total de la harina de semilla de algodón, mientras que el gosipol libre es la porción extraíble con una solución de acetona. El contenido de gosipol combinado se estima por diferencia entre el gosipol total y libre (Smith, 1968).

La respiración forzada o dificultosa de los animales es el síntoma principal de la toxicidad del gosipol, pero el envenenamiento acumulativo se manifiesta por la presencia de edemas (en los pulmones, nódulos linfáticos, vesícula biliar y corazón) así como por congestión hepática y renal (Smith, 1968, citado por Smith y Clawson, 1970). El hígado es el sitio primario de acumulación del gosipol en donde se encuentran los niveles más altos tanto de gosipol libre como combinado o ligado. La mayor parte del gosipol en el suero sanguíneo se encuentra como ligado mientras que en la bilis como gosipol libre (Smith y Clawson, 1970).

La concentración del gosipol en las harinas de semilla de algodón depende de varios factores entre los cuales destacan la variedad (Pons *et al.*, 1953; Smith *et al.*, 1961; Bressani *et al.*, 1968), el medio ambiente (Pons *et al.*, 1953; Bressani *et al.*, 1968) y las técnicas de

procesamiento (Bressani y Elías, 1968). La mayoría de las harinas de semilla de algodón que poseen contenidos de gosípol total que no exceden de 0,85 por ciento, suelen tener alta calidad nutritiva, a juzgar por los métodos del índice químico y del crecimiento de pollos (Lyman *et al.*, 1953). Sin embargo, la toxicidad del gosípol depende no sólo de su concentración sino también de la forma en la que se encuentra presente. Así, el gosípol combinado no es tóxico para el cerdo (Baliga y Lyman, 1957) pues pasa a través del tracto gastrointestinal sin ser absorbido y por lo tanto es eliminado en las heces. Por otro lado, el gosípol libre es altamente tóxico para los animales monogástricos y cualquier harina de semilla de algodón que contengan más de 0,04 por ciento de gosípol libre deberá ser usada en cantidades limitadas en raciones para cerdos.

Aunque el gosípol combinado no es considerado tóxico, este reduce la calidad nutritiva de la harina de semilla de algodón. Esto se debe a que en determinadas condiciones, el gosípol por su naturaleza química reacciona y se combina con los grupos amino libres (principalmente el grupo amino ϵ de la lisina) de la proteína de la harina de semilla de algodón (Baliga *et al.*, 1959) y por lo tanto, dependiendo del tipo de procesamiento la calidad biológica de la harina de semilla de algodón, puede variar considerablemente. Así, en el procesamiento con calor húmedo, el gosípol reacciona con la lisina, inactivándose pero reduciendo simultáneamente la disponibilidad de la lisina para los cerdos (Baliga *et al.*, 1959; Lyman *et al.*, 1959). Por otro lado, el calor seco, aún por períodos prolongados, produce solo pequeñas cantidades de gosípol ligado (Danke, 1962, citado por Pond y Maner, 1974).

Diferencias varietales en los contenidos de aceite, proteína y gosipol han sido reportadas en harinas de semilla de algodón de Centro América (Bressani *et al.*, 1968) y los Estados Unidos de Norteamérica (Pons *et al.*, 1953; Smith *et al.*, 1961). El desarrollo de variedades de algodón sin glándulas que esencialmente producen semillas que no contienen gosipol (Anónimo, 1977) presenta una alternativa interesante para mejorar la calidad nutritiva de las harinas de semilla de algodón resultantes de dichas variedades. Además, las diferencias en esos componentes (aceite, proteína y gosipol) en una misma variedad cultivada en cuatro áreas de la costa pacífica de Guatemala (Bressani *et al.*, 1968) confirman el efecto del medio ambiente, principalmente de la precipitación (Pons *et al.*, 1953), sobre la composición química y, en particular, sobre el contenido de gosipol.

Los cambios en la composición química, los contenidos de gosipol (libre y total) y de lisina disponible, así como el valor proteínico de la harina de semilla de algodón han sido estudiados durante las diferentes etapas del proceso de extracción de aceite por los métodos de prensa y de pre prensa solvente (Bressani y Elías, 1968). Los cambios más importantes ocurren durante la fase de prensado de la semilla, cuando se observa un descenso significativo en el contenido de grasa, de lisina disponible y de gosipol libre, pero el gosipol total permanece relativamente constante (Bressani y Elías, 1968). La harina obtenida con el proceso de pre prensa solvente mostró una tendencia a un mayor contenido de gosipol libre y una mayor disponibilidad de lisina (Bressani y Elías, 1968). La toxicidad de la harina disminuye conforme el material pasa de crudo a cocido, aún antes de ser sometido a prensa.

En general, el contenido de gossipol total es similar para las harinas de semilla de algodón obtenidas por cualquiera de los tres procesos, pero el contenido de gossipol libre es mayor en las harinas resultantes del proceso de extracción de aceite por solvente (Buitrago *et al.*, 1977).

El tipo de dieta así como los niveles de proteína de las dietas y la duración del período de alimentación con niveles altos de gossipol, afectan el grado de su acumulación en los órganos de los animales (Smith y Clawson, 1965; Sharma *et al.*, 1966). Los resultados experimentales han mostrado que los niveles de gossipol en los órganos estaban inversamente relacionados con el nivel de proteína en la dieta y directamente relacionados con el nivel de gossipol en la dieta y la duración del período de alimentación de estas dietas (Sharma *et al.*, 1966).

Las investigaciones sobre la toxicidad del gossipol aportado en las harinas de semilla de algodón indican que, además de los métodos de procesamiento que pueden reducir considerablemente los niveles de gossipol libre y por tanto disminuir su toxicidad, existen agentes detoxificadores efectivos, como por ejemplo el hierro en la forma de sales especialmente como sulfato ferroso, que permiten un uso eficiente de las harinas de semilla de algodón en la alimentación de animales monogástricos.

2.2.2 Inhibidores de proteasas en frijoles soya

Al igual que en la mayoría de granos o semillas de plantas leguminosas, los frijoles crudos de soya (*Glycine max*) contienen algunos compuestos tóxicos, de los cuales los más importantes son los

inhibidores de proteasas (Liener y Kakade, 1969) y las hemaglutininas (Jaffé, 1969). Los primeros son sustancias que tienen la habilidad de inhibir la actividad proteolítica de ciertas enzimas digestivas, especialmente de la tripsina, mientras que los segundos tienen la propiedad de aglutinar los glóbulos rojos de la sangre.

Varios inhibidores de proteasas han sido aislados y caracterizados a partir de los frijoles soya (Liener y Kakade, 1969). Resultados experimentales con ratas a las cuales se les alimentó con un inhibidor de tripsina aislado a partir de la soya revelaron que el mecanismo del efecto de estos inhibidores parece ser debido a una pérdida de aminoácidos críticos (metionina vía cistina, treonina y valina) causada por la habilidad del inhibidor en estimular al páncreas para descargar cantidades excesivas de proteínas endógenas en el tracto intestinal. (Khayambashi y Lyman, 1966). Como resultado de esta acción, las ratas alimentadas con el inhibidor de tripsina de la soya crecieron menos, tuvieron un páncreas más grande que el normal y contenían mayores cantidades de proteasa intestinal y de nitrógeno insoluble precipitado con ácido tricloroacético, que las ratas alimentadas con la dieta testigo (Khayambashi y Lyman, 1966). Los efectos negativos de los inhibidores de tripsina presentes en los frijoles de soya crudos han sido también observados con otros animales monogástricos.

La aplicación de calor para destruir estos compuestos, así como las hamaglutininas, es una condición previa a la eficiente utilización de los frijoles de soya por animales monogástricos. Sin embargo, debido a que estos compuestos tóxicos son moléculas proteicas, la aplicación de calor debe ser hecha de tal forma que no afecte la calidad del resto de la

proteína de la soya. Los factores principales de los cuales depende un eficiente tratamiento térmico son la temperatura, el tiempo o duración del calentamiento y la presencia de humedad y de sustancias reductoras (Liener y Kakade, 1969). Estas condiciones son adecuadamente controladas en el procesamiento industrial de la extracción del aceite de la soya de forma que el producto resultante, harina de soya, posee su máximo valor nutritivo.

La actividad del inhibidor de tripsina de la soya es destruída por tratamientos con vapor por 60 min, en autoclave por períodos largos a presiones bajas (ej. 45 min a $34,475 \times 10^3$ Pascal) o períodos cortos a presiones altas (ej. 10 min a $137,9 \times 10^3$ Pascal) y por cocción (100°C) en períodos entre 15 a 30 min (Liener y Kakade, 1969). Tratamientos térmicos por más tiempo que el requerido para destruir los inhibidores afectan desfavorablemente la calidad nutricional del producto final.

Debido a que en algunas circunstancias es más ventajoso para los productores de soya utilizar los frijoles en la alimentación de cerdos y aves en la finca, se han desarrollado equipos especiales para procesamientos relativamente económicos que permitan usar la soya, sin ser procesada a nivel industrial. Los dos procesamientos más comunes son el tostado y la extrusión de los frijoles. En el tostado, las temperaturas óptimas se encuentran en el ámbito de 130 a 150°C con una duración de aproximadamente 2 min; los frijoles son expuestos intermitentemente a una llama de gas mientras pasan a través de una cámara de calentamiento (Olsen *et al.*, 1975).

En el proceso de extrusión, los frijoles de soya son forzados a través de pequeños orificios del dado del extrusor y por el calor (120 - 130°C) resultante de la fricción o del vapor aplicado externamente (en algunos modelos se aplica vapor), los inhibidores de la tripsina que se encuentran en el frijol crudo son inactivados. El producto resultante de este proceso posee una textura tal que no necesita ser molido. Una descripción resumida de los equipos comerciales disponibles y de sus características principales se encuentra en el trabajo de Waldroup *et al.* (1978).

En general, los diferentes tratamientos térmicos a que son sometidos los frijoles de soya son eficientes en la destrucción de las sustancias tóxicas presentes en los granos crudos y los productos procesados pueden ser satisfactoriamente usados en la alimentación animal.

2.3 Evaluaciones nutricionales de la harina de semilla de algodón y de soya integral en cerdos

2.3.1 Harina de semilla de algodón

Las harinas de semilla de algodón con bajo contenido de gossipol pueden ser satisfactoriamente utilizadas como la única fuente complementaria de proteína o en combinación con otros alimentos proteicos, como por ejemplo la harina de soya. La restricción del contenido de gossipol libre en la dieta a un nivel de 0,01 por ciento, o menos, constituye un margen de seguridad para poder usar, sin riesgos, la harina de semilla de algodón en raciones para cerdos en crecimiento y acabado (Hale

y Lyman, 1957); niveles superiores a 0,01 por ciento de gosipol libre en las dietas resultan generalmente en síntomas de toxicidad y eventualmente en la muerte de los animales (Hale y Lyman, 1957).

A pesar de los esfuerzos para reducir el contenido de gosipol libre en la harina de semilla de algodón que incluyen la selección de variedades de algodón con bajo contenido de gosipol (Smith *et al.*, 1961) o con semillas sin glándulas y sin gosipol (Anónimo, 1977), así como los efectos de diferentes técnicas de procesamiento (Bressani y Elías, 1968), a menudo hay necesidad de recurrir a la adición de compuestos químicos, los cuales a través de su combinación con el gosipol libre contrarrestan los efectos tóxicos y permiten así obtener rendimientos productivos satisfactorios.

Sin embargo, el bajo contenido de gosipol libre no es el único factor importante para juzgar la calidad nutricional de la harina de semilla de algodón. Así, por ejemplo, en un experimento (Haines *et al.*, 1957) con cerdos destetados, se demostró que una harina de semilla de algodón "desgosipolizada" (0,01 por ciento de gosipol libre y 89,0 por ciento de solubilidad de nitrógeno) obtenida por extracción con solvente fue nutricionalmente superior a otra harina de semilla de algodón obtenida por el proceso expeler, la cual contenía el mismo nivel de gosipol libre (0,01 por ciento) pero con una menor solubilidad del nitrógeno (42,2 por ciento). En este caso la solubilidad del nitrógeno fue el determinante de la calidad de las dos harinas de semilla de algodón.

Debido a la interacción del gosipol libre con el grupo amino ϵ de la lisina (Baliga y Lyman, 1957) que resulta en una mayor proporción de

de gossypol combinado, pero en una disminución de la disponibilidad de este aminoácido, la suplementación de la lisina a dietas basadas en combinaciones de sorgo (Hale y Lyman, 1961), de cebada (Hintz y Heitman Jr., 1967) o de maíz (Moncada y Maner, 1970) con harina de semilla de algodón ha dado resultados satisfactorios mejorando la tasa de crecimiento y la eficiencia de conversión alimenticia de cerdos en crecimiento y acabado.

La suplementación de sales minerales ha demostrado tener alguna efectividad para contrarrestar la toxicidad del gossypol. Los resultados de estudios con ratas sobre la suplementación de dietas conteniendo altos niveles de gossypol libre con sales minerales de cobre, hierro, manganeso y zinc han demostrado que el hierro es definitivamente el agente detoxificante más efectivo (Smith y Clawson, 1970). Los efectos detoxificantes del hierro en la forma de sulfato ferroso han sido reconfirmados en experimentos con cerdos (Clawson y Smith, 1966; Buitrago *et al.*, 1970; Moncada y Maner, 1970).

La adición de lisina o de sulfato ferroso contrarrestó parcialmente el efecto depresivo del gossypol, pero la suplementación combinada de ambos productos no mostró efecto sinérgico (Moncada y Maner, 1970). La relación de 1:1 entre el sulfato ferroso y el contenido de gossypol libre ha demostrado ser la más efectiva para la detoxificación del gossypol. Además del sulfato ferroso, la adición de hidróxido de calcio para neutralizar la toxicidad del gossypol ha sido también reportada como satisfactoria (Braham *et al.*, 1967).

En general, la harina de semilla de algodón puede constituir una buena fuente proteica en raciones para cerdos en crecimiento y acabado, siempre y cuando se tomen en consideración el contenido del gosipol libre así como su calidad proteica. La bibliografía sobre el empleo de harina de semilla de algodón en raciones para cerdos en crecimiento y acabado es bastante extensa, pero ha sido resumida por Bressani *et al.* (1977).

Existen muy poca información sobre el uso de la harina de semilla de algodón durante los períodos reproductivos de gestación y lactancia porcinas. El empleo de harina de semilla de algodón en raciones a base de azúcar o de maíz para cerdas gestantes ha probado ser satisfactorio, sin observarse efectos tóxicos cuando la harina de semilla de algodón constituía la única fuente proteica complementaria (Obando *et al.*, 1975). Niveles del orden de 15 por ciento de harina de semilla de algodón con un nivel bajo de harina de soya (4,37 por ciento) en dietas a base de sorgo (75 por ciento) se han utilizado satisfactoriamente en cerdas durante el período de lactancia (Obando, *et al.*, 1975).

La investigación más extensa sobre el uso continuado de la harina de semilla de algodón durante los períodos de gestación y lactancia, a través de tres ciclos reproductivos, fue reportada por Tanksley y Calvez (1973). Harinas de semilla de algodón obtenidas por los procesos de pre-prensa solvente (baja en gosipol) y con solvente (alta en gosipol) pudieron ser usadas como las únicas fuentes complementarias en raciones a base de sorgo para los períodos de gestación y lactancia, sin observarse efectos adversos al contenido de gosipol libre en las dietas; todas las dietas contenían 100 ppm de hierro (Tanksley y Calvez, 1973). Sin embargo,

para los grupos de cerdas alimentadas con raciones a base de harina de semilla de algodón los rendimientos reproductivos, de peso total de la camada y peso por lechón al nacimiento así como el peso promedio por lechón al destete (35 días) fueron significativamente inferiores a aquellos obtenidos con el grupo de la ración testigo, a base de harina de soya. Estos resultados reproductivos fueron superiores para el grupo alimentado con la harina de semilla de algodón baja en gósipol que para el grupo alimentado con la harina de semilla de algodón alta en gósipol (Tanksley y Calvez, 1973).

Las cerdas alimentadas con dietas a base de sorgo - harina de semilla de algodón tuvieron lechones más ligeros al nacer y al destete en comparación con los de las cerdas que consumieron sorgo - harina de soya (Tanksley *et al.* (1955) y Obando *et al.* (1975). Los promedios de peso de las cerdas después del parto no presentaron diferencias significativas. El número y peso de los lechones al nacimiento tampoco fueron significativamente diferentes (Obando *et al.*, 1977).

Los lechones provenientes de cerdas alimentadas con harina de soya fueron significativamente más pesados al nacer y al destete que los de las cerdas alimentadas con harina de semilla de algodón como fuente proteica. No hubo diferencias relevantes en cuanto al número de lechones nacidos vivos, ganancia de peso durante el período de gestación así como el cambio de peso durante la lactancia para cerdas cuyas dietas fueron a base de una combinación harina de semilla de algodón-harina de soya (Tanksley y Calvez (1973).

Adicionalmente se observó que el consumo de las dietas durante el período de lactancia fue inferior para los grupos alimentados con las raciones a base de harina de semilla de algodón comparados con el grupo testigo (harina de soya) y a su vez las raciones con alto contenido de gopisol fueron consumidas en menores cantidades que las raciones bajas en gopisol (Tanksley y Calvez, 1973). Esta tendencia ha sido igualmente encontrada con raciones en las cuales la harina de semilla de algodón sustituía el 50 por ciento de la proteína complementaria al sorgo, en combinación con harina de soya (Haught *et al.*, 1977).

2.3.2 Soya Integral

El suministro de frijoles de soya crudos a cerdos en crecimiento y acabado, reduce el rendimiento productivo de los animales, cualquiera que sea la edad y peso inicial de los cerdos (Crenshaw y Danielson, 1985 b) y el factor responsable de estos resultados es la presencia de los inhibidores de crecimiento presentes en los frijoles de soya. Por otro lado, el rendimiento productivo (ganancia de peso y eficiencia de conversión alimenticia) de cerdos en crecimiento y acabado alimentados con frijoles de soya molidos y calentados (99 - 121°C por 2,5 - 3 min) fue similar, o ligeramente superior, al obtenido con cerdos alimentados con harina de soya. Las canales y la grasa total dorsal de cerdos alimentados con frijoles de soya crudos o calentados (extruidos) fueron más blandas que las de los cerdos alimentados con raciones a base de maíz y harina de soya (Jiménez *et al.*, 1964).

Se han usado amplios ámbitos de temperaturas y tiempos de cocción para mejorar la calidad nutricional de los frijoles de soya crudos.

Así, el calentamiento de los frijoles de soya a 118°C por 40 min ó 143°C por 22 seg han probado ser más recomendables que un tratamiento a 115°C por 15 seg (Seerley *et al.*, 1974), con base a la respuesta animal con cerdos en crecimiento.

Luego de revisar una serie de trabajos con varias especies animales, incluyendo cerdos en crecimiento y acabado, Waldroup *et al.* (1978) dan las siguientes recomendaciones:

-Los frijoles de soya adecuadamente procesados pueden ser usados para reemplazar completamente la harina de soya en raciones para cerdas en crecimiento y acabado.

-Los frijoles de soya pueden ser tratados para incluirlos en las raciones de cerdos usando el proceso de extrusión o cocinándolos al calor seco (tostado).

-Las hojuelas de frijoles de soya pueden ser cocidas con presión de vapor y el tiempo de cocción no debe ser más de 36 min, a una presión de 4,536 kg.

Al igual que para el caso de la harina de semilla de algodón, la información sobre el uso de la soya integral en raciones para cerdas gestantes o lactantes es limitada. Un estudio reciente (Crenshaw y Danielson, 1985 a), determinó los efectos de la alimentación de cerdas gestantes con frijoles de soya crudos y molidos sobre los rendimientos reproductivos a través de tres ciclos continuos. Durante los períodos de lactancia (aproximadamente 28 días), todas las cerdas recibían una misma ración basada en maíz y harina de soya, pero no incluía los frijoles de soya

crudos.

La utilización de la soya integral en dietas para cerdas gestantes y lactantes (Mata Villalba, 1981; Campabadal y Ledesma, 1981; Crenshaw y Danielson, 1985 a), no afectó el número de lechones nacidos vivos, el número de lechones destetados y el promedio de la sobrevivencia a través del número de partos. Sin embargo, Jiménez y Buitrago (1975) demostraron que los lechones provenientes de cerdas alimentadas con soya fueron más ligeros al nacer y en contraste, Mata Villalba (1981) y Crenshaw y Danielson (1985 a) observaron un efecto contrario.

El número de lechones nacidos vivos y destetados de las cerdas alimentadas con soya integral comparativamente a las de aquellas que consumieron la harina de soya, fueron mayores (Crenshaw y Danielson, 1985 a, Campabadal y Ledesma, 1981).

En resumen, cuando los frijoles de soya crudos y molidos fueron incluidos en las dietas de cerdas gestantes, como la única fuente proteica complementaria en las dietas, y éstas fueron alimentadas a los mismos animales a través de tres ciclos reproductivos, se comprobó que no afectó ninguno de los parámetros reproductivos medidos, tales como: número de lechones nacidos, número de lechones destetados, peso de lechones nacidos y destetados, cambios de peso corporal de las cerdas durante gestación o lactancia o consumo de alimento de la cerda durante la lactancia (Crenshaw y Danielson, 1985 a). Un ligero aumento en el contenido de grasa de la leche al tercer día de la lactancia fue observado en las cerdas alimentadas durante el período de gestación con frijoles de soya crudos (Crenshaw y Danielson, 1985 a). Basados en estas observaciones,

Crenshaw y Danielson (1985 a) concluyen que los frijoles de soya crudos pueden reemplazar totalmente a la harina de soya en dietas para cerdas gestantes. Por lo tanto, no debe existir ningún impedimento nutricional para el uso eficiente de la soya integral en raciones para cerdas gestantes y lactantes.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Lugar de realización

El presente trabajo se realizó en la granja "Porcina Americana S.A.", la cual está localizada en el valle de Corís, cantón de la Provincia de Cartago. La granja está ubicada a una altura de 1435 msnm y los promedios anuales de precipitación y temperatura del área son 1500 mm y 19°C, respectivamente.

3.2 Procedimiento experimental

3.2.1 Manejo durante el período de gestación

La selección de las cerdas y la asignación aleatoria de los tratamientos experimentales se realizaron al momento de la monta. Un total de 120 cerdas (Yorkshire - Landrace) de primer (60) y segundo (60) parto fueron servidas o inseminadas con verracos Duroc - Hampshire. Cada cerda fue servida o inseminada dos veces durante el período de celo. Después de la monta, las cerdas fueron identificadas con aretes, pesadas, registradas y se les asignaron los tratamientos experimentales.

Después de servidas, las cerdas se alojaron en jaulas individuales en las cuales permanecieron durante todo el período de gestación. Cada cerda fue alimentada una vez por día con una cantidad constante (1,82 kg) de la dieta experimental asignada y además de agua de bebida a voluntad.

Entre el 18 avo. a 21 avo. día después de la monta se verificó el retorno o ausencia de celo de cada cerda. En caso de retorno de celo y

dependiendo de la disponibilidad de cerdas de reemplazo, la cerda volvió a ser servida o fue reemplazada por otra cerda de similar condición (peso vivo y orden de parto).

Aproximadamente dos semanas antes de la fecha calculada de parto, cada cerda recibió un tratamiento contra parásitos internos que consistió en la aplicación de una inyección vía intramuscular, de Ivomectina (uno por ciento), a razón de lcc por cada 50 kg de peso vivo. Al día 112 de gestación la cerda fue pesada, recibió un tratamiento desinfectante de los órganos genitales con una solución de Vanodine al dos por ciento y una aspersion contra parásitos externos con una solución de Asuntol al 0,1 por ciento. Luego cada cerda fue trasladada a una jaula de parición individual, previamente lavada con agua a presión y desinfectada con una solución de formol al dos por ciento.

Durante los 2 ó 3 días anteriores al parto cada cerda recibió una dieta laxante basada en salvado o afrecho de trigo para evitar problemas de constipación. Al parto, se registraron el número total de lechones, el número de lechones nacidos, el peso de la camada total y de los nacidos vivos. Dentro de las ocho horas después del parto se obtuvo el peso vivo de cada cerda. Después de haber expulsado la placenta, las cerdas, recibieron un tratamiento de desinfección del tracto genital y de los pezones con una solución de yodo al dos por ciento. El día del parto se suprimió el alimento.

3.2.2 Manejo durante el período de lactancia

Los lechones nacidos recibieron el manejo normal después de parto (descolmillado, corte y desinfección del cordón umbilical y corte de la cola) y al tercer día de edad se les aplicó una inyección, vía intramuscular, de 200 mg de hierro dextran. La castración de los lechones machos se realizó al noveno día de edad.

Cada jaula de parición fue provista de una lámpara de rayos infrarrojos para suministrar calor a los lechones, la cual fue retirada aproximadamente a una semana de edad. El número de lechones que amamantó cada cerda fue uniformizado en lo posible entre las cerdas de una misma replicación, mediante la transferencia de lechones supernumerarios (más de ocho para cerdas primerizas y más de 9 ó 10 para cerdas adultas de segundo parto) durante las primezas 24 horas después del parto.

Después del primer día del parto las cerdas continuaron con las mismas dietas experimentales que recibieron durante el período de gestación con los ajustes respectivos en su composición, como se indica más adelante. A partir del segundo día se incrementó, progresivamente, la cantidad de alimento suministrado, a razón de un 20 por ciento diario, de forma tal que para el 6° día de lactancia la marrana debió estar consumiendo la máxima cantidad que le correspondió en función del número de lechones que amamantaba. Cada animal consumió 600 g de la ración de lactancia por cada lechón que amamantó de forma tal que una cerda con nueve lechones consumió a partir del 6° día y hasta el destete un total de 5,4 kg/día (Cuadro 1A).

El período de lactancia duró 28 días al cabo de los cuales se destetaron los lechones. Al destete se pesó la cerda y su camada, registrando además el número de lechones destetados. A partir del 14avo día después del parto se les suministró a los lechones una pequeña cantidad de la dieta de planta que contiene un 20 por ciento de proteína cruda y 1,2 por ciento de lisina (Cuadro 5A).

3.3 Tratamientos experimentales

Los tratamientos o raciones experimentales fueron preparados en la planta de alimentos de la misma explotación. Las dietas experimentales estuvieron basadas en cantidades constantes de sorgo para suministrar una misma cantidad de proteína en cada dieta y el suplemento de proteína para cubrir los requerimientos del NRC (1979) fue aportado por harina de soya (HS) en la ración testigo o por harina de semilla de algodón (HSA), soya integral (SI) o las diferentes combinaciones que fueron evaluadas en este estudio. Los seis tratamientos experimentales fueron los siguientes:

Dieta	Variabes experimentales
	% prot. complementaria al sorgo
1	100 % Harina de soya (HS) (testigo)
2	100 % Harina de semilla de algodón (HSA)
3	75 % HSA + 25 % S I
4	50 % HSA + 50 % S I
5	25 % HSA + 75 % S I
6	100 % Soya integral (S I)

Estos tratamientos experimentales fueron ensayados tanto en la ración de gestación (13 por ciento proteína cruda) como de lactancia (14 por ciento proteína cruda). La composición porcentual de las dietas experimentales para los períodos de gestación y lactancia se presentan en los Cuadros 3 y 4. Las raciones se calcularon para ser isoproteicas pero no isocalóricas. Las raciones de gestación se calcularon con 0,75 por ciento de Ca y 0,60 por ciento de P, mientras que las de lactancia con 0,80 por ciento de Ca y 0,75 por ciento de P.

3.4 Diseño experimental y análisis estadístico

El arreglo de tratamientos que se aplicó en este estudio fue de tipo factorial 2×6 (dos tipos de número de parto x seis dietas) en un diseño completamente al azar. A cada dieta se asignaron 20 cerdas, siendo 10 de ellas primerizas y 10 adultas (de segundo parto). Se consideró la covariable peso a la monta en aquellos casos en que su efecto fue significativo. Los cuadros de análisis de varianza de estos casos fueron construidos sobre la base de suma de cuadrados tipo I (Freud y Littell, 1981), lo cual quiere decir que la información contenida en peso a la monta sólo es utilizada para corregir el error, disminuyéndolo, mientras que las sumas correspondientes a los restantes efectos no son afectadas, coincidiendo con las del análisis habitual, sin covariable.

Por lo tanto, las fuentes de variación y sus respectivos grados de libertad en el análisis de varianza fueron los siguientes:

Cuadro 3. Composición (%) de las dietas experimentales para cerdas gestantes.

Ingredientes	Dietas experimentales					
	1	2	3	4	5	6
Sorgo	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00
Azúcar	5,07	2,395	2,0744	1,749	1,4484	1,1278
Harina de soya	13,28	-	-	-	-	-
Soya integral	-	-	4,30	8,62	12,92	17,22
Harina de semilla de algodón	-	15,92	11,95	7,98	3,98	-
Sulfato ferroso	-	0,035	0,025	-	-	-
Antioxidante (BHT)	-	-	0,0006	0,001	0,0016	0,0022
Constantes*	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65
Nutrimientos calculados						
Proteína (%)	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Lisina (%)	0,568	0,428	0,463	0,499	0,534	0,569
Energía digestible (kcal/kg)	3348	3216	3268	3323	3376	3429

*Contribución en (%) de la dieta, fosfato dicalcico, 2,00; carbonato de calcio, 0,50; premezcla vitaminas, 0,25; premezcla minerales, 0,15; sal, 0,50; cloruro de colina (50 %), 0,25, respectivamente.

Cuadro 4. Composición (%) de las dietas experimentales para cerdas lactantes.

Ingredientes	Dietas experimentales					
	1	2	3	4	5	6
Sorgo	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
Azúcar	4,62	1,294	0,9403	0,6467	0,278	-
Harina de soya	15,88	-	-	-	-	-
Soya integral	-	-	5,18	10,30	15,44	20,60
Harina de semilla de algodón	-	19,05	14,28	9,53	4,78	-
Hidrocloreuro de lisina (90 %)	-	0,116	0,069	0,022	-	-
Sulfato ferroso	-	0,040	0,030	-	-	-
Antioxidante (BHT)	-	-	0,0007	0,0013	0,002	0,0025
Constantes*	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Nutrimientos calculados						
Proteína (%)	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
Lisina (%)	0,642	0,580	0,580	0,580	0,603	0,644
Energía digestible (kcal/kg)	3312	3149	3215	3281	3346	3415

*Contribución en (%) de la dieta: fostafo dicálcico 2,50; carbonato de calcio, 0,50; premezcla de vitaminas, 0,50; premezcla de minerales, 0,25; sal, 0,50, cloruro de colina (50 %), 0,25; respectivamente.

Fuentes de variación	g:l.
Número de parto	1
Tratamientos o dietas	5
Interacción Parto x Tratamientos	5
Peso a la monta	1
Error	107
Total	119

La hipótesis nula del trabajo fue que los efectos de los tratamientos experimentales son similares a los obtenidos con raciones convencionales, como la ración testigo a base de sorgo y de harina de soya.

En caso de que los efectos de los tratamientos fueran estadísticamente diferentes entre sí, a un nivel de significancia de cinco por ciento, se procedió a realizar la prueba de Duncan de ámbitos múltiples de las medias (Steel y Torrie, 1960).

3.5 VARIABLES BIOLÓGICAS EN ESTUDIO

Durante el período de gestación se registraron las siguientes variables: peso vivo de cada cerda a la monta, al día 112 de gestación y después del parto. Con los pesos vivos registrados se estimó la ganancia total (día 112 - monta) y neta (post-parto - monta) de gestación. Al parto se registró el número de lechones totales y nacidos vivos, así

como el peso de la camada.

Al destete (28 días) se registró el número de lechones por camada, el peso total de la camada, el peso de la cerda, los cambios de peso corporal de la cerda durante la lactancia (destete-post-parto) y el número de días abiertos (post-destete-monta).

3.6 Análisis de laboratorio y prueba de digestibilidad

El análisis químico de ingredientes y dietas se realizó en el Laboratorio del Departamento de Producción Animal del CATIE. En el transcurso de los períodos de gestación y lactancia se tomaron muestras de las dietas experimentales con el propósito de realizar el análisis de materia seca y proteína cruda. Un total de cinco muestras, tres procedentes del período de gestación y dos del período de lactancia, de los ingredientes antes enumerados fueron analizados. El método clásico de determinación de agua consistió en el secado en horno a 100°C hasta que el peso de la muestra alcanzara un peso constante. La proteína cruda se determinó multiplicando el contenido de nitrógeno del alimento x 6,25 el cual fue calculado por el método de micro kjeldahl. Además se determinó, en el Laboratorio de Nutrición Animal (LANA) de la Universidad de Costa Rica, el contenido de gosipol en las muestras de harina de semilla de algodón de Smith (1968).

Pruebas de digestibilidad *in vivo* de las dietas experimentales se realizaron a la mitad del período de gestación. Para esto se seleccionaron al azar seis cerdas por tratamiento o sea un total de 36 cerdas. El período de la prueba de digestibilidad tuvo una duración de nueve días,

cuatro días de adaptación y cinco días de colección de muestras.

La digestibilidad *in vivo* de la materia seca y proteína cruda fue determinada mediante análisis de estos componentes en el alimento y en las heces, usando los métodos citados anteriormente y la técnica de marcadores o indicadores externos. Para este efecto se utilizó el óxido de cromo (Cr_2O_3) en una concentración de 0,25 por ciento en las dietas a evaluarse. El análisis del óxido de cromo se llevó a cabo según el método de Kermura y Miller (1957, citado por Bateman, 1970). Los cálculos de la digestibilidad de los nutrimentos anotados se hicieron utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Digestibilidad (\%)}: \left\{ 100 - 100 \times \frac{\% \text{ indicador en el alimento}}{\% \text{ indicador en heces}} \times \frac{\% \text{ nutrimento en heces}}{\% \text{ nutrimento en alimento}} \right\}$$

3.7 Análisis económico

Con base en los costos de materias primas y los rendimientos productivos obtenidos, se calculó el costo por kilogramo de lechón al destete para cada tratamiento.

Por diferencias entre el costo de alimentación durante el período experimental y el ingreso por venta de camada al destete, estimando para ello un valor de $\text{Ø}160,00/\text{kg}$ de lechón destetado, se determinó el ingreso tomando en cuenta sólo los costos de alimento para cada tratamiento, encontrando así, el tratamiento más rentable.

Los costos de las materias primas se muestran en el Cuadro 6A.

4. RESULTADOS

4.1 Período de gestación

En el Cuadro 5, se presentan los cambios de peso de las cerdas y los rendimientos productivos durante el período de gestación.

4.1.1 Peso al día 112

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Las cerdas alimentadas con los tratamientos 1 y 5 fueron estadísticamente diferentes a las que consumieron las dietas 2 y 4. Las cerdas que recibieron los tratamientos 3 y 6 obtuvieron pesos similares ($p > 0,05$) a todos los demás tratamientos.

4.1.2 Peso post-parto

Se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los diferentes tratamientos. Las cerdas alimentadas con el testigo (harina de soya) como fuente de proteína fueron estadísticamente diferentes a las que recibieron el 100 por ciento de la harina de semilla de algodón y tuvieron comportamiento similar a los resultados obtenidos con las otras combinaciones de harina de semilla de algodón y soya integral.

4.1.3 Ganancia total

La ganancia total de peso para el período de gestación fue estadísticamente diferente ($p < 0,05$) entre tratamientos. Las cerdas alimentadas con las dietas 1 y 5 ganaron más peso que aquellas que

Cuadro 5. Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre los rendimientos productivos de cerdas gestantes.

Variables	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
Peso a la monta (kg)	123,25*	121,80	120,40	121,40	120,90	123,60
Peso al día 112 (kg)	179,90 a	172,35 b	175,05 ab	173,05 b	178,70 a	176,55 ab
Peso post parto (kg)	163,75 a	156,80 b	158,95 ab	157,05 b	161,10 ab	160,75 ab
Ganancia total (kg)	56,65 a	49,65 b	54,65 ab	52,15 ab	57,80 a	52,95 ab
Ganancia neta (kg)	40,50 a	35,30 b	38,55 ab	35,55 ab	40,20 ab	37,15 ab

1= 100 % harina de soya (testigo)

2= 100 % harina de semilla de algodón

3= 75 % harina de semilla de algodón + 25 % soya integral

4= 50 % harina de semilla de algodón + 50 % soya integral

5= 25 % harina de semilla de algodón + 75 % soya integral

6= 100 % soya integral

ab= Las medias con las mismas letras horizontales no fueron estadísticamente diferentes ($p > 0,05$);

prueba de ámbito múltiple de Duncan.

*Desviación estándar Cuadro 9A.

consumieron el 100 por ciento de la harina de semilla de algodón como fuente proteica, pero tuvieron comportamiento similar a las de los tratamientos 3, 4 y 6.

4.1.4 Ganancia neta

No hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). La ganancia neta de peso fue muy similar; sin embargo, las cerdas que consumieron los tratamientos 1 y 5 tuvieron ganancias de peso superiores a aquellas alimentadas con la dieta 2 y parecidas a las de los tratamientos 3, 4 y 6.

4.2 Período de lactancia

En los Cuadros 6 y 7 se presentan los rendimientos productivos de las cerdas, el comportamiento de los lechones desde el nacimiento hasta el destete, y los cambios de peso de las cerdas durante la lactancia.

4.2.1 Nacidos totales

No existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para esta variable ($p > 0,05$). Sin embargo, las cerdas que recibieron el 100 por ciento de la harina de semilla de algodón y la combinación 25 por ciento harina de semilla de algodón-75 por ciento soya integral tuvieron un mayor número de lechones que aquellas alimentadas con la dieta testigo (harina de soya) y el 100 por ciento de soya integral aunque éstos presentaron resultados similares a las de los tratamientos 3 y 4.

Cuadro 6. Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre los rendimientos reproductivos de cerdas lactantes.

Variables	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
Nacidos totales	7,65 b [*]	9,15 a	8,50 ab	8,15 ab	9,00 ab	7,95 ab
Nacidos vivos	7,50	8,65	8,15	8,00	8,45	7,90
Peso camada al nacer (kg)	11,73	12,23	11,99	11,95	12,12	11,65
Peso lechón al nacer (kg)	1,58	1,45	1,48	1,51	1,44	1,51
Número lechones destetados	8,20	8,25	8,15	8,30	7,90	8,20

1= 100 % harina de soya (testigo)

2= 100 % harina de semilla de algodón

3= 75 % harina de semilla de algodón + 25 % soya integral

4= 50 % harina de semilla de algodón + 50 % soya integral

5= 25 % harina de semilla de algodón + 75 % soya integral

6= 100 % soya integral

ab= Las medias con las mismas letras horizontalmente, no fueron estadísticamente diferentes ($p > 0,05$);

prueba de ámbito múltiple de Duncan.

*Desviación estándar S \bar{X} Cuadro 10A.

Cuadro 7. Efecto de diferentes fuentes de protefina sobre los rendimientos productivos de cerdas lactantes.

Variables	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
Peso camada destetada (kg)	46,96**	47,36	45,09	47,91	46,27	47,15
Peso lechón destetado (kg)	5,77	5,75	5,52	5,78	5,88	5,75
Peso cerda destetada (kg)	146,90 a	140,60 b	142,05 ab	140,45 b	145,35 ab	141,70 ab
Cambio peso de la cerda (kg)	-16,85	-16,50	-16,90	-16,60	-16,10	-18,80
Número días abiertos	11,45 a	6,90 b	8,10 ab	6,70 b	9,50 ab	6,30 b

1= 100 % harina de soya (testigo)

2= 100 % harina de semilla de algodón

3= 75 % harina de semilla de algodón + 25 % soya integral

4= 50 % harina de semilla de algodón + 50 % soya integral

5= 25 % harina de semilla de algodón + 75 % soya integral

6= 100 % soya integral

ab= Las medias con las mismas letras horizontalmente no fueron estadísticamente diferentes ($p > 0,05$), prueba de ámbito múltiple de Duncan.

*Desviación estándar $\bar{S}\bar{X}$, Cuadro 11A.

4.2.2 Nacidos vivos

No se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los diferentes tratamientos. Sin embargo, las cerdas que fueron alimentadas por la harina de semilla de algodón como fuente proteica y la combinación 25 por ciento de harina de semilla de algodón-75 por ciento soya integral, tuvieron un mayor número de nacidos vivos en comparación con las que recibieron los tratamientos 1 y 6 y aunque presentaron resultados similares a los de las dietas 3 y 4.

4.2.3 Peso de la camada al nacer

Tampoco se presentaron variaciones estadísticas ($p > 0,05$) entre tratamientos para el peso de la camada al nacer, pero los lechones provenientes de las cerdas alimentadas con el 100 por ciento de la harina de semilla de algodón durante la etapa de gestación fueron ligeramente más pesados que los del testigo y de las otras combinaciones de soya integral y harina de semilla de algodón.

4.2.4 Peso lechón al nacer

No se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0,05$). Los lechones procedentes de la dieta 1 cuya camada fue menor tuvieron pesos ligeramente más altos a los de aquellas cerdas que consumieron las diferentes combinaciones de soya integral y harina de semilla de algodón en el período de gestación.

4.2.5 Número de lechones destetados

No existió diferencias estadísticas ($p>0,05$) entre tratamientos, sin embargo, las cerdas que recibieron el 100 por ciento de la harina de semilla de algodón y la combinación 50 por ciento harina de semilla de algodón - 50 por ciento soya integral destetaron más lechones que las del testigo y de las otras combinaciones de soya integral y harina de semilla de algodón.

4.2.6 Peso de la camada destetada

El análisis de varianza no presentó diferencias estadísticas ($p>0,05$) para la variable peso de la camada destetada. Sin embargo, los lechones cuyas madres recibieron los tratamientos 2 y 4 tuvieron pesos ligeramente superiores a los de las cerdas alimentadas con las dietas 1, 3, 5 y 6.

4.2.7 Peso lechón al destete

No existió diferencias significativas entre tratamientos ($p>0,05$). Los lechones que provinieron de las cerdas alimentadas con la dieta 5 tuvieron pesos superiores a los de las cerdas que recibieron la dieta testigo y las otras combinaciones de soya integral y harina de semilla de algodón.

4.2.8 Peso de la cerda al destete

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Las cerdas que consumieron el 100 por ciento de la harina de soya y 25 por ciento harina de semilla de algodón - 75 por ciento soya integral fueron estadísticamente diferentes a las que fueron alimentadas con los tratamientos 2 y 4 y tuvieron comportamiento similar a las de las dietas 3 y 6.

4.2.9 Cambio de peso de la cerda

No hubo diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0,05$). Sin embargo, las cerdas que recibieron el 100 por ciento de la soya integral fueron las que perdieron más peso durante todo el período experimental, mientras que las cerdas alimentadas con la dieta 5 perdieron menos peso. Las otras marranas de los tratamientos 1, 2 y 4 tuvieron comportamiento similar.

4.2.10 Número de días abiertos

Se encontró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos. Las cerdas que recibieron el testigo (harina de soya) fueron estadísticamente diferentes a las que fueron alimentadas con las dietas 2, 4 y 6 y tuvieron comportamiento similar a las de los tratamientos 3 y 5. Cabe notar que el intervalo destete - primer servicio fluctuó de 6,3 a 9,5 días para las combinaciones de soya integral y harina de semilla de algodón mientras que las cerdas del 100 por ciento de la harina de soya demoraron 11,45 días antes de volver en celo.

4.3 Efecto del número de parto de la cerda

4.3.1 Etapa de gestación

En el Cuadro 8 se muestra el efecto del número de parto sobre los rendimientos productivos de cerdas gestantes.

Se consideró en el análisis de varianza el número de parto (primero o segundo) como fuente de variación. Se encontró diferencias estadísticas ($p < 0,05$) para los cambios de pesos de las cerdas y los rendimientos productivos de las mismas en el período de gestación. Las primerizas fueron estadísticamente diferentes a las de segundo parto para la variable ganancia total, mientras que las adultas presentaron resultados superiores a ellas en las variables peso al día 112 y peso post-parto. En general las dos categorías de marranas se comportaron de manera similar ($p > 0,05$) para la variable ganancia neta.

4.3.2 Etapa de lactancia

El efecto del número de parto sobre los rendimientos reproductivos de cerdas lactantes se presenta en los Cuadros 9 y 10.

Las cerdas primerizas y de segundo parto obtuvieron resultados similares para los rendimientos reproductivos de cerdas lactantes ($p > 0,05$). Sin embargo, las primerizas tuvieron un número de nacidos totales y vivos así como de lechones destetados ligeramente más alto que las de segundo parto. Se notó también que las marranas adultas produjeron lechones con pesos superiores en la camada e individualmente a los de las primerizas tanto al nacer como al destete.

Cuadro 8. Efecto del número de parto sobre los rendimientos productivos de cerdas gestantes.

Variables	Número de parto		
	I	S \bar{X}	II
Peso a la monta	114,43	4,49	129,28
Peso al día 112	170,35 b	9,54	181,57
Peso post parto	153,60 b	9,59	165,87 a
Ganancia total	55,72 a	9,97	52,23 b
Ganancia neta	39,17 a	7,58	36,58 a
			S \bar{X}
			5,14
			10,15
			9,30
			7,89
			6,94

ab= Las medias con las mismas letras horizontalmente, no fueron estadísticamente diferentes ($p < 0,05$), prueba de ámbito múltiple de Duncan.

Cuadro 9. Efecto del número de parto sobre los rendimientos reproductivos de cerdas lactantes.

Variables	Número de parto			
	I	$\bar{S}\bar{X}$	II	$\bar{S}\bar{X}$
Nacidos totales	8,68	2,15	8,12	1,95
Nacidos vivos	8,30	1,92	7,92	1,82
Peso camada al nacer (kg)*	11,94	2,85	11,96	2,65
Peso lechón al nacer (kg)*	1,45	0,22	1,53	0,24
Número lechón destetado*	8,25	1,20	8,08	1,18

*No se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$).

Cuadro 10. Efecto del número de parto sobre los rendimientos productivos de cerdas lactantes.

Variables	Número de parto			
	I	$\bar{S}\bar{X}$	II	$\bar{S}\bar{X}$
Peso camada al destete (kg)	45,57 a	7,83	48,01 a	9,72
Peso lechón al destete (kg)	5,55 b	0,69	5,94 a	0,86
Peso cerda al destete (kg)	137,10 b	8,34	148,58 a	10,14
Cambio de peso de la cerda (kg)	-16,52 a	7,17	-17,40 a	6,27
Número días abiertos	9,43 a	7,89	6,88 b	5,38

a,b= Las dietas con las mismas letras horizontalmente, no fueron estadísticamente diferentes ($p > 0,05$); prueba de ámbito múltiple de Duncan.

Se observó que las cerdas de segundo parto terminaron con mayor peso al destete debido al efecto del peso inicial y la pérdida de peso durante la lactancia fue similar para las dos categorías de marranas. Se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) para el número de días abiertos entre las cerdas de segundo parto y las primerizas. Las marranas adultas fueron más eficientes en este experimento para esta variable.

4.4 Efecto de la interacción parto dietas

En los Cuadros 11, 12 y 13 se presentan los resultados de la interacción parto dietas para los cambios de peso de las cerdas y los rendimientos productivos durante los períodos de gestación y lactancia.

Para el total del período experimental, no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p > 0,05$). Los cambios de peso de las cerdas y los rendimientos productivos fueron similares. Sin embargo, la única variable que dio en el modelo (Cuadro 3A) diferencia estadística ($p < 0,05$) para esta fuente de variación fue el número de días abiertos. Las cerdas de segundo parto fluctuaron de 5 a 7,90 días en todos los tratamientos. Estos números de días quedaron en el ámbito normal que debería demorar una cerda en buena condición fisiológica después del destete para volver en celo.

Cuadro 11. Interacción parto tratamiento para variables productivas inherentes a cerdas gestantes.

Variables	Número de parto											
	I						II					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Peso a la monta (kg)	116,30	115,30	113,70	113,30	113,30	115,40	130,20	128,30	127,10	129,50	128,80	131,80
Peso al día 112 (kg)*	176,20	165,00	171,90	166,50	171,40	171,10	183,60	179,70	178,20	179,60	186,00	182,00
Peso post parto	159,90	150,50	154,70	149,70	153,50	153,30	167,60	163,10	163,20	164,40	168,70	168,20
Ganancia total (kg)*	59,90	47,90	58,20	54,20	58,40	55,70	53,40	51,40	51,10	50,10	57,20	50,20
Ganancia neta (kg)*	43,60	35,80	41,00	36,20	40,50	37,90	37,40	34,80	36,10	34,90	39,90	36,40

1= 100 % harina de soya (Testigo)

2= 100 % harina de semilla de algodón

3= 75 % harina de semilla de algodón + 25 % soya integral

4= 50 % harina de semilla de algodón + 50 % soya integral

5= 25 % harina de semilla de algodón + 75 % soya integral

6= 100 % soya integral

*Medias observadas parto y tratamiento no presentaron variaciones estadísticas ($p > 0,05$).

Cuadro 12. Interacción parto tratamiento para variables productivas inherentes a cerdas lactantes

	Número de parto											
	I						II					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Nacidos totales*	7,30	9,40	8,70	8,10	10,00	8,60	8,00	8,90	8,30	8,20	8,00	7,30
Nacidos vivos*	7,20	8,80	8,20	7,80	9,20	8,60	7,80	8,50	8,10	8,20	7,70	7,20
Peso camada al nacer (kg)*	10,55	12,51	11,72	11,59	13,23	12,03	12,91	11,96	12,27	12,32	11,01	11,26
Peso lechón al nacer (kg)*	1,49	1,46	1,44	1,48	1,43	1,43	1,67	1,43	1,52	1,55	1,45	1,59
Número lechón destetado*	8,30	8,30	8,10	8,30	7,80	8,70	8,10	8,20	8,20	8,30	8,00	7,70

1= 100 % harina de soya (testigo)

2= 100 % harina de semilla de algodón

3= 75 % harina de semilla de algodón + 25 % soya integral

4= 50 % harina de semilla de algodón + 50 % soya integral

5= 25 % harina de semilla de algodón + 75 % soya integral

6= 100 % soya integral

*Medias observadas parto y tratamiento no presentaron variaciones estadísticas ($p > 0,05$)

Cuadro 13. Interacción parto tratamiento para variables productivas inherentes a cerdas lactantes.

Variables	Número de parto											
	I						II					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Peso camada destetada (kg)*	43,05	47,32	43,49	48,79	42,59	48,18	50,87	47,39	46,68	47,03	49,96	46,12
Peso lechón destetado (kg)*	5,25	5,72	5,37	5,90	5,51	5,52	6,29	5,77	5,67	5,65	6,25	5,98
Peso cerda destetada (kg)*	142,20	134,80	140,30	134,40	137,20	133,20	151,60	146,40	143,80	146,50	153,50	149,70
Cambio peso de cerda (kg)*	-17,70	-16,30	-14,40	-15,30	-16,30	-19,10	-16,00	-16,70	-19,40	-17,90	-15,90	-11,50
Número días abiertos*	15,70	5,90	8,30	7,70	14,00	5,00	7,20	7,90	7,90	5,70	5,00	7,60

1= 100 % harina de soya (testigo)

2= 100 % harina de semilla de algodón

3= 75 % harina de semilla de algodón + 25 % soya integral

4= 50 % harina de semilla de algodón + 50 % soya integral

5= 25 % harina de semilla de algodón + 75 % soya integral

6= 100 % soya integral

*Medias observadas entre parto y tratamientos presentaron variaciones estadísticas ($p < 0,05$) únicamente en la variable número días abiertos.

4.5 Resultados económicos

Los resultados económicos de diferentes combinaciones de soya integral y harina de semilla de algodón en ración a base de sorgo para cerdas gestantes y lactantes se presentan en los Cuadros 14, 15 y 16.

El análisis económico consistió en determinar el costo de alimentación para producir un kilo de lechón al destete y el ingreso tomando en cuenta sólo el costo de alimentación. La ración de menor costo fue la del 100 por ciento de la harina de semilla de algodón $\text{¢}12,52/\text{kg}$ y la de mayor costo la del 100 por ciento de soya integral $\text{¢}13,18/\text{kg}$.

Para obtener el costo de la alimentación de las cerdas durante la fase reproductiva (gestación y lactancia) se multiplicó el costo de cada kilogramo de materia prima por la cantidad de ingrediente utilizada en la preparación de 100 kg de dietas. Las cerdas alimentadas con el 100 por ciento de la harina de semilla de algodón durante el período experimental fueron en las que se invirtió la menor cantidad de dinero, por costos de alimentación, seguidas por el tratamiento 75 por ciento de harina de semilla de algodón y 25 por ciento soya integral.

La cantidad de alimento requerido por kilogramo de lechón destetado fue el producto de dividir el consumo total de la cerda entre el peso de la camada destetada. El grupo que consumió el 50 por ciento de harina de semilla de algodón - 50 por ciento de soya integral, requirió menor cantidad de alimento mientras que el 75 por ciento de harina de semilla de algodón - 25 por ciento de soya integral fue el que necesitó más cantidad de alimento por kilogramo de lechón destetado.

Cuadro 14. Costo de 100 kg de dietas experimentales consumidas por cerdas gestantes.

Ingredientes	Dietas experimentales					
	1	2	3	4	5	6
Sorgo	908,70	908,70	908,70	908,70	908,70	908,70
Azúcar	54,45	25,83	22,34	18,78	15,56	12,11
Harina de soya	227,75	-	-	-	-	-
Soya integral	-	-	75,55	151,45	227,00	302,56
Harina de semilla de algodón	-	219,38	164,67	109,96	54,84	-
Sulfato ferroso	-	0,94	0,71	-	-	-
Antioxidante (BHT)	-	-	0,16	0,26	0,41	0,57
Constantes*	74,30	74,30	74,30	74,30	74,30	74,30
Total costo en colones	1265,20	1229,15	1246,43	1263,45	1280,81	1298,24
Costo por kg de dieta en ¢	12,65	12,29	12,46	12,63	12,80	12,98

*Contribución en (¢) de la dieta: fosfato dicálcico, 36,68; carbonato de calcio, 0,58; premezcla de vitaminas, 14,20; premezcla de minerales, 4,18; sal; 1,90; cloruro de colina (50 %), 16,76, respectivamente.

Cuadro 15. Costo de 100 kg de dietas experimentales consumidas por cerdas lactantes.

Ingredientes	Dietas experimentales					
	1	2	3	4	5	6
Sorgo	873,75	873,75	873,75	873,75	873,75	873,75
Azúcar	49,62	13,92	10,11	6,95	2,99	-
Harina de soya	272,34	-	-	-	-	-
Soya integral	-	-	91,01	180,97	271,28	361,94
Harina de semilla de algodón	-	262,51	196,78	131,32	65,87	-
Hidrocloreuro de lisina (90%)	-	22,43	13,16	4,20	-	-
Sulfato ferroso	-	1,42	1,08	-	-	-
Antioxidantes	-	-	0,18	0,34	0,52	0,65
Constantes*	100,46	100,46	100,46	100,46	100,46	100,46
Total costo en colones	1296,17	1274,19	1286,53	1297,99	1314,87	1336,80
Costo por kg de dieta en ¢	12,96	12,74	12,87	12,98	13,15	13,37

*Contribución en (¢) de la dieta: Fosfato dicálcico, 45,85; carbonato de calcio, 0,58; premezcla

vitaminas, 28,40; premezcla de minerales: 6,97; sal, 1,90; cloruro de colina 50 %, 16,76, respectivamente.

Cuadro 16. Respuesta económica del efecto de diferentes combinaciones de soya integral y harina de semilla de algodón en la alimentación de cerdas gestantes y lactantes.

Parámetros	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
N° lechones destetados	8,20	8,25	8,15	8,30	7,90	8,20
Consumo total de alimento por cerda (kg)	333,44	333,44	333,44	333,44	333,44	333,44
Peso de la camada dest. (kg)	46,96	47,36	45,09	47,91	46,27	47,15
Cantidad alimento requerido por kg de lechón destetado (kg)	7,10	7,04	7,39	6,96	7,21	7,07
Precio por kg de dieta (¢)	12,81	12,52	12,67	12,81	12,98	13,18
Costo por kg de lechón dest. (¢)	90,95	88,14	93,63	89,16	93,59	93,18
Costo por camada dest. (¢)	4271,01	4174,31	4221,78	4271,66	4330,31	4393,44
Valor de la camada dest. (¢) (¢160/kg de lechón)	7513,60	7577,60	7214,40	7665,60	7403,20	7544,00
Ingreso tomando en cuenta solo los costos de alimentación	3242,59	3403,29	2992,62	3393,94	3072,79	3150,56

Nota: \$1= 055,85

1= 100 % harina de soya (testigo)

2= 100 % harina de semilla de algodón

3= 75 % harina de semilla de algodón + 25 % soya integral

4= 50 % harina de semilla de algodón + 50 % soya integral

5= 25 % harina de semilla de algodón + 75 % soya integral

6= 100 % soya integral

El costo por kilogramo de lechón destetado fue el producto de la cantidad de alimento requerido por kilogramo de lechón destetado por el precio de cada kilogramo de dieta, siendo el costo más bajo el de las cerdas que consumieron el 100 por ciento de la harina de semilla de algodón seguido por el tratamiento 50 por ciento harina de semilla de algodón y 50 por ciento soya integral.

El ingreso tomando en cuenta el precio de los alimentos fue la diferencia entre el valor de la camada destetada y el costo de la misma. Las cerdas que recibieron el 100 por ciento de la harina de semilla de algodón, durante el período experimental, presentaron de acuerdo con el análisis económico un costo más bajo por kilogramo y un número relativamente más alto de lechones al destete así como un mayor ingreso tomando en cuenta sólo el costo de alimentación.

4.6 Resultados del análisis de laboratorio y prueba de digestibilidad

En el Cuadro 17 se presentan los resultados de los análisis químicos de materia seca y proteína cruda de las dietas experimentales en los períodos de gestación y lactancia.

Las dietas experimentales fueron calculadas para aportar 13 y 14 por ciento de proteína cruda en los períodos de gestación y lactancia, respectivamente. Los resultados encontrados en el laboratorio fueron satisfactorios y demostraron que todas las dietas estaban bien balanceadas para cubrir los requerimientos proteicos de las cerdas durante las etapas de gestación y lactancia.

Cuadro 17. Análisis químico de materia seca y proteína cruda de las dietas experimentales en los períodos de gestación y lactancia.

Dietas experimentales	Nutrimentos analizados					
	Materia seca			Proteína cruda		
	Gestación	Lactancia		Gestación	Lactancia	
100 % harina de soya (HS)*	88,10	88,63		13,16		14,26
100 % Harina de semilla de algodón (HSA)*	88,46	88,14		13,22		14,41
75 % HSA + 25 % SI	88,25	88,35		13,09		14,09
50 % HSA + 50 % SI	88,30	88,29		13,42		14,28
25 % HSA + 75 % SI	88,06	88,16		13,17		14,17
100 % Soya integral SI	88,40	87,99		13,25		14,16

*No se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$)

Además se determinó el porcentaje de gósipol libre en la harina de semilla de algodón. La extracción con acetona dio un valor promedio de 0,04 por ciento de gósipol libre. Las dietas de algodón con los niveles de 15,92 y 11,95 por ciento así como 19,05 y 14,28 por ciento presentaron un porcentaje de gósipol libre de 0,007 y 0,005 por ciento y de 0,008 y 0,006 por ciento durante las etapas de gestación y lactancia. En esta ocasión se utilizó una proporción igual de sulfato ferroso (20 por ciento) en relación con el gósipol libre.

Los resultados de la prueba de digestibilidad *in vivo* de materia seca y proteína cruda se presentan en el Cuadro 18.

No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). Los coeficientes de digestibilidad de materia seca y proteína cruda en este trabajo de investigación fueron muy similares. Sin embargo, las cerdas que consumieron el 100 por ciento de algodón fueron las que presentaron mayores coeficientes seguidas de las de los tratamientos 1 y 3 y por último las que recibieron las dietas 4, 5 y 6.

Cuadro 18. Digestibilidad *in vivo* de materia seca y proteína cruda de las dietas experimentales en el período de gestación.

Dietas experimentales	Nutrientes			
	Materia seca (%)	$\bar{S}\bar{X}$	Proteína cruda (%)	$\bar{S}\bar{X}$
100 % Harina de soya (HS)*	88,21	0,20	84,38	0,40
100 % Harina de semilla de algodón (HSA)*	88,30	0,17	84,68	0,61
75 % HSA + 25 % SI	88,23	0,15	84,56	0,39
50 % HSA + 25 % SI	88,02	0,43	84,05	0,89
25 % HSA + 75 % SI	88,16	0,17	84,19	0,62
100 % Soya integral (SI)	88,19	0,08	84,07	0,67

*No se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$)

5. DISCUSION

Los parámetros peso al día 112, peso post parto y peso de la cerda al destete presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para la covariable peso a la monta. Sin embargo, esta alta significancia no tuvo incidencia sobre las variables derivadas de dicha fuente de variación tales como: ganancia total, ganancia neta y cambio de peso de la cerda donde se notó más los efectos de parto y de dietas. Los ámbitos promedios de la ganancia total (49,65 a 57,80 kg), ganancia neta (35,30 a 40,50 kg) y cambio de peso de la cerda (-16,10 a -18,80 kg) son muy similares a los resultados encontrados por investigadores que han trabajado con soya integral o harina de semilla de algodón en la alimentación de cerdas reproductivas (Tanksley y Calvez, 1973; Crenshaw y Danielson, 1985 a).

La pérdida de peso de las cerdas durante todo el período experimental está dentro del ámbito normal según lo encontrado en la literatura. Estas observaciones las confirmó Gómez (1984), quien indicó que las marranas preñadas son capaces de utilizar sus reservas corporales de proteínas y aminoácidos para cubrir los requerimientos del crecimiento y sobrevivencia embrionarios.

Las restricciones energéticas en las dietas influyen más sobre la cerda en sí que sobre el desarrollo de la camada (O'Grady *et al.*, 1973; Reese *et al.*, 1982 b). En el presente estudio no hubo diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre los diferentes tratamientos para las variables nacidos totales, nacidos vivos, peso de la camada y de lechón al nacer. Estos resultados coincidieron con los estudios realizados por Obando *et al.*

(1975), Tanksley y Calvez (1973). Varios estudios experimentales han demostrado que niveles de proteína relativamente bajos durante el período de gestación no afectan significativamente los rendimientos reproductivos de las cerdas (De Geeter *et al.*, 1972; Pond, 1973).

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos para las variables número de lechones destetados, peso de la camada y peso individual de los lechones al destete. Estos resultados pueden estar afectados por el sistema de manejo de la granja Porcina Americana, S. A. donde todas las camadas se ajustan a nueve lechones por cerda durante las primeras 24 horas de la parición. El peso al destete obtenido para todos los tratamientos estuvo dentro del ámbito óptimo para sistemas de destete a la tercera semana de edad (Buitrago, 1977).

En lo que se refiere al efecto parto, se encontró que las primerizas fueron ligeramente superiores a las de segundo parto en cuanto a los rendimientos reproductivos, lo que coincidió con los resultados de Mata Villalba (1981), obtenidos en la misma porqueriza. Sin embargo, las cerdas adultas produjeron camadas y lechones con mayores pesos al destete. Los estudios de Buitrago (1977) reportan que las cerdas de segundo parto producen camadas más pesadas al destete que las primerizas principalmente por su mayor producción de leche.

En relación con el número de días transcurridos después del destete hasta la aparición del celo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los distintos tratamientos ($p < 0,05$). El número de días abiertos también presentó diferencias significativas a nivel de

interacción parto dieta. Las primerizas son muy sensibles a las consecuencias del parto y en este experimento algunas tuvieron problemas de patas y perdieron una o dos oportunidades antes de volver en celo. Las cerdas de segundo parto fueron más eficientes que las primerizas en cuanto al período abierto, todas quedaron en un ámbito normal de 5 a 10 días que requieren una cerda sin problemas fisiológicos para el retorno en celo.

En el presente estudio, se hizo un análisis de regresión lineal y cuadrática para las variables: peso al día 112, peso post-parto y ganancia total, tomando en cuenta el nivel creciente de soya integral. No se encontraron valores de significancia sobresalientes de correlación.

$$Y_1 = 173,9 + 0,03 X_1; r^2 = 0,55, p < 0,05$$

$$Y_2 = 158,27 + 0,02 X_2, r^2 = 0,62, p < 0,05$$

$$Y_3 = 49,84 + 0,992 X_3 - 0,0445 X_3^2; r^2 = 0,52, p < 0,05; \text{ respectivamente.}$$

En los diferentes tratamientos evaluados y para el total del período experimental, las cerdas que consumieron los tratamientos con el 100 por ciento de harina de soya y el 75 por ciento de soya integral - 25 por ciento de harina de semilla de algodón ganaron más peso con respecto al resto de las demás observaciones. Así mismo se observó que la dieta del 100 por ciento de harina de semilla de algodón mostró menores ganancias de peso, lo que se justificó por su bajo nivel de lisina, su mayor porcentaje de fibra y su menor contenido energético. Sin embargo, el aporte de 15,92 y 19,05 por ciento de harina de semilla de algodón,

en los períodos de gestación y lactancia respectivamente, no causó ningún transtorno biológico.

El nivel de gossipol libre fue bajo en el algodón (0,04 por ciento) y no afectó los rendimientos productivos de este experimento. En este caso las cerdas que consumieron dietas basadas en harina de semilla de algodón, como fuente proteica, presentaron 9,15 lechones nacidos totales y 8,25 lechones al destete, con peso promedios para la camada de 12,23 kg y 47,36 kg, en las dos fases, respectivamente; resultados similares fueron obtenidos por Obando *et al.*, 1975, quien utilizó niveles de harina de semilla de algodón de un 15 por ciento.

La relación 1:1 entre sulfato ferroso y el contenido de gossipol libre ha demostrado ser la más efectiva para la detoxificación del gossipol. Los resultados del presente trabajo confirmaron una vez más lo encontrado por Clawson y Smith (1966); Buitrago *et al.* (1970); Moncada y Maner (1970).

Las dietas de 100 por ciento de harina de semilla de algodón y las de 75 por ciento de soya integral -25 por ciento de harina de semilla de algodón produjeron número de nacidos totales, nacidos vivos y peso de la camada al nacer superiores al resto de todos los tratamientos. El resultado de la dieta con el 100 por ciento de algodón que produjo menor ganancia de peso en las cerdas, pero mayor número de lechones al nacer, concordó con los comentarios de Gómez (1984) respecto a que el engorde excesivo de las marranas durante la gestación puede ser perjudicial, reduciendo la eficiencia reproductiva, produciendo mayor mortalidad embrionaria y ocasionando dificultades al parto.

La combinación 100 por ciento harina de semilla de algodón y la de 50 por ciento de harina de semilla de algodón - 50 por ciento soya integral produjeron mayor número de lechones y peso de la camada destetados en comparación al resto de los demás tratamientos. Los rendimientos indicaron que estos tratamientos fueron adecuados para alimentar las cerdas de primer y segundo parto durante los períodos de gestación y lactancia.

La dieta de 75 por ciento de soya integral y 25 por ciento harina de semilla de algodón produjo lechones destetados con peso individual ligeramente más alto en comparación al resto de las observaciones; esta diferencia posiblemente se debe a que ese mismo tratamiento produjo el menor tamaño de camada al destete.

Las dietas de 100 por ciento de harina de soya y la de 75 por ciento de soya integral - 25 por ciento de harina de semilla de algodón presentaron cerdas con pesos más altos al final de la lactancia en comparación con los demás tratamientos. Los resultados encontrados por Klaver *et al.* (1981) y Stahly *et al.* (1981) indican que al incrementar el nivel energético de las dietas de cerdas reproductoras mejoraron los rendimientos productivos.

La dieta de 100 por ciento de soya integral presentó la mayor pérdida de peso durante la lactancia en comparación con los demás tratamientos. Sin embargo, fue la dieta que requirió menor intervalo de días para el retorno en celo (6,3 días). Todos los tratamientos de combinación de soya integral y harina de semilla de algodón quedaron dentro del ámbito normal en el cual las cerdas con buenas condiciones fisiológicas deberían

entrar en celo.

La digestibilidad de materia seca y proteína cruda fue un índice de las posibilidades de asimilación de los elementos nutritivos. Todas las dietas experimentales presentaron coeficientes de digestibilidad de materia seca y de proteína altos y muy similares. Esto se justificó por la edad de los animales que poseía los tractos gastrointestinales y secreciones enzimáticas bien desarrolladas. Sin embargo estos valores de digestibilidad concordaron con los reportados por Combs *et al.*, 1967 quienes encontraron coeficientes de digestibilidad de materia seca de 91,9 y 92,6 por ciento para la soya integral y harina de soya, respectivamente. Mientras que Crampton y Harris, 1969 presentaron coeficientes de digestibilidad de la proteína cruda que fluctuaron de 81,8 a 90 por ciento.

Las dietas de 100 por ciento de algodón y 50 por ciento de soya integral y 50 por ciento de algodón destetaron mayor número de lechones, requirieron menor cantidad de alimento para producir un kilo de lechón al destete y generaron mayores ingresos por concepto de alimento comparativamente al resto de los tratamientos.

La tendencia de cualquier granjero es producir más con menor costo para aumentar el margen de ganancias. La dieta con el 100 por ciento de algodón y la de 50 por ciento de soya integral - 50 por ciento de harina de semilla de algodón podrían ser una buena alternativa para sustituir la harina de soya en las dietas de cerdas gestantes y lactantes. En este experimento la dieta de 100 por ciento de harina de semilla de algodón fue la de menor costo y la más rentable, lo que coincide con lo

encontrado por Tanksley y Calvez (1973) quienes informaron que la harina de semilla de algodón puede disminuir el costo de producción de cerdos, si la misma se utiliza como única fuente proteica en la alimentación de cerdas reproductoras.

6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados del presente trabajo podemos concluir lo siguiente:

1. Se encontraron diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos ($p < 0,05$) para las variables peso al día 112, peso post-parto y ganancia total. Las raciones de 100 por ciento de harina de soya y 75 por ciento soya integral - 25 por ciento harina de semilla de algodón mostraron mayores cambios de peso con respecto al resto de los tratamientos.
2. No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos para las variables nacidos totales, nacidos vivos, peso de la camada al nacer. Sin embargo las raciones a base de 100 por ciento de harina de semilla de algodón y 75 por ciento soya integral - 25 por ciento harina de semilla de algodón tuvieron número nacidos totales, nacidos vivos y peso de la camada al nacer ligeramente más altos con respecto al resto de las otras observaciones.
3. Tampoco se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos para variables número lechones destetados, peso de la camada al destete ($p > 0,05$), pero las dietas de 100 por ciento de harina de semilla de algodón y la de 50 por ciento de soya integral - 50 por ciento de harina de semilla de algodón tuvieron mejores resultados en comparación con los demás tratamientos.

4. En cuanto a los rendimientos reproductivos las primerizas presentaron resultados ligeramente superiores a las cerdas de segundo parto aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$).
5. Las cerdas que consumieron el 100 por ciento de soya integral fueron las que perdieron más peso durante la lactancia y que mostraron mejor eficiencia reproductiva al volver en celo durante un tiempo más corto en comparación con las de los demás tratamientos.
6. El aporte de 15,92 y 19,05 por ciento de harina de semilla de algodón como fuente proteica complementaria al sorgo en raciones de cerdas gestantes y lactantes no causó ningún trastorno biológico y tampoco afectó los rendimientos reproductivos de las marranas.
7. Todas las dietas experimentales presentaron coeficientes de digestibilidad de materia seca y de proteína cruda que variaron entre 88,02 a 88,30 por ciento y 84,05 a 84,68 por ciento, respectivamente.
8. Las raciones de 100 por ciento de harina de semilla de algodón y 50 por ciento de soya integral - 50 por ciento de harina de semilla de algodón requirieron menor cantidad de alimento para producir un kilo de lechón al destete, mínimo costo por kilogramo de lechón destetado y generaron mayor ingreso tomando en cuenta sólo los costos de alimentación.

7. RECOMENDACIONES

Las cinco combinaciones de soya integral y harina de semilla de algodón pueden ser aplicadas en la alimentación de cerdas gestantes y lactantes para lograr rendimientos productivos satisfactorios siempre y cuando exista disponibilidad de materia prima en la región y buen precio en el mercado.

Con base en los datos obtenidos durante la investigación se aconseja la utilización del 100 por ciento de harina de semilla de algodón y 50 por ciento de soya integral - 50 por ciento harina de semilla de algodón que resultaron ser más eficientes y rentables. Sin embargo hay que tomar en cuenta el nivel de gossipol libre existente en la harina de semilla de algodón que para evitar problemas de intoxicación y aportar una proporción adecuada de sulfato ferroso.

Sería importante repetir la misma investigación en las etapas de gestación y lactancia durante dos ciclos continuos y aplicar los tratamientos, corregidos según las necesidades, a los lechones procedentes de cada grupo correspondiente en la fase de crecimiento y engorde con el propósito de evaluar los efectos residuales de las dietas.

8. LITERATURA CITADA

1. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. 1970. Official methods of analysis of the AOAC, 11 ed. Washington, D. C. 1015 p.
2. BALIGA, B. P.; LYMAN, C. M. 1957. Preliminary report of the nutritional significance of bound gossypol in cottonseed meal. *Journal of the American Oil Chemist' Society (EE.UU.)* 34:21-27.
3. BATEMAN, J. V. 1970. *Nutrición animal; manual de métodos analíticos.* México, Herrero. 468 p.
4. BRAHAM, J. E.; JARQUIN, R.; ELIAS, L. G.; GONZALEZ, M.; BRESSANI, R. 1967. Effect of calcium and gossypol on the performance of swine and on certain enzymes and other blood constituents. *Journal of Nutrition (G.B.)* 91:47-54.
5. BRESSANI, R.; ELIAS, L. G. 1968. Cambios en la composición química y en el valor nutritivo de la proteína de la harina de semilla de algodón durante su elaboración. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición (Ven.)* 18:319-339.
6. _____; JARQUIN, R.; ELIAS, L. G.; ALBERTAZZI, C. 1968. Composición química de variedades de semilla de algodón y efecto del medio ambiente sobre su contenido de gossypol. *Turrialba (C.R.)* 18:133-138.
7. _____; ELIAS, L.; BRAHAM, J. E.; JARQUIN, R. 1968. Uso de recursos centroamericanos para el fomento de la industria animal. 1. Composición química y contenido de gossypol de harinas de torta de semilla de algodón elaborada en el área. *Turrialba (C.R.)* 18(4):391-396.
8. _____; BRAHAM, J. E.; JARQUIN, R. 1972. Harina de torta de semilla de algodón en la alimentación de cerdos. *In Seminario sobre sistemas de Producción de Porcinos en América Latina.* Cali, Colombia, CIAT. 5 p.
9. BUITRAGO, A. J.; CORZO, M.; JIMENEZ, I. 1970. Comparación de tres tortas de algodón en raciones para cerdos en crecimiento y acabado. *Revista ICA (Col.)* 2:103-106.
10. _____; CLAWSON, A. J.; SMITH, F. H. 1970. Effects of dietary iron on gossypol accumulation in and elimination from porcine liver. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 31:554-558.
11. _____; PORTELA, R.; JIMENEZ, I. P. 1977. Semilla y torta (harina) de soya en alimentación de cerdos. Cali, Colombia, ICA/CIAT. 31 p. (Serie ES-24).

12. BUITRAGO, A. J. 1977. Sistemas de producción de cerdas lactantes y lechones. Cali, Colombia, CIAT. 52 p. (Serie ES-26).
13. _____; JIMENEZ, I. P.; OBANDO, H.; MANER, J. H.; MONCADA, A. 1977. Utilización de torta (harina) de algodón en alimentación de cerdos. Cali, Colombia, ICA/CIAT. 35 p. (Serie ES-25).
14. BUSHMAN, D. H. 1978. Torta de soya y de semilla de algodón para la alimentación de cerdos. México. Asociación Americana de Soya. 15 p. (A. N. no. 14).
16. CAMPABADAL, C. 1981. Alimentación de cerdos para el mercado. Primera Conferencia de Producción Animal. UCR/Costa Rica, Facultad de Agronomía. 4 p.
17. _____; LEDESMA, R. 1981. Use of full-fat soybean in gestation and lactation diets for sows. México. Asociación Americana de Soya. 4p.
18. CLAWSON, A.J.; SMITH, F. H. 1966. Effect of dietary iron on gossypol toxicity and on residuals of gossypol in porcine liver. *Journal of Nutrition (G.B.)* 89:307-310.
19. COMBS, G. E.; GONNESS, R. G.; BERRY, T. G; WALLACE, H. D. 1967. Effect of raw and heat soybeans on gain, nutrient digestibility, plasma aminoacids and other blood constituents of growing swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 26:1067.
20. CRAMPTON, E. W.; HARRIS, L. E. 1969. Applied animal nutrition. 2 ed. Estados Unidos, W. H. Freeman. p. 706-707.
21. CRENSHAW, M. A.; DANIELSON, D. M. 1985. Raw soybeans for gestating swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 60:163-170.
22. _____; DANIELSON, D. M. 1985. Raw soybeans for growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 60:725-729.
23. DE GEETER, M. J.; HAYS, V. W.; KRATZER, D. D.; CROMWELL, G. L. 1972. Reproductive performance of gilts fed diets low in protein during gestation and lactation. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 37:439.
24. FREUD, R. J.; LITTEL, R. 1981. SAS for linear models; a guide to the ANOVA and GLM Procedures. Ed. by Allice Allen Ray. Cary, N.C. EE.UU., SAS Institute. 231 p.
25. GLANDLESS COTTON; its significance, status and prospects. Proceeding of a Conference held in Dallas, Texas, 1984. 1977. s.n.t.

26. GOMEZ, G. 1984. Nutrición de carbohidratos y grasas en alimentación porcina. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 32 p. Curso dictado en clase.
27. _____. 1984. Nutrición de proteínas en alimentación porcina. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 29 p. Curso dictado en clase.
28. HAINES, C. E.; WALLACE, H. D.; KOGER, M. 1957. The value of soybean oil meal, low gossypol (degossypolized) solvent processed cottonseed meal, low gossypol expeller processed cottonseed meal and various blends thereof in the ration of growing - fattening swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 16:12-19.
29. HALE, F.; LYMAN, C. M. 1957. Effect of protein level in the ration on gossypol tolerance in growing fattening pigs. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 16:364-369.
30. _____.; LYMAN, C. M. 1958. Effective utilization of cottonseed meal in swine ration. *Texas Agricultural Experiment Station. Bulletin No. 898.* 6 p.
31. _____.; LYMAN, C. M. 1961. Lysine supplementation of sorghum grain-cottonseed meal rations for growing-fattening pigs. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 20:734-736.
32. HAUGHT, D. G.; TANKSLEY JUNIOR, T. D.; HESBY, J. H.; GREGG, E. J. 1977. Effect of protein level, protein restriction and cottonseed meal in sorghum based diets on swine reproductive performance and progeny development. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 44:249-256.
33. HINTZ, H. F.; HEITMAN JUNIOR, H. 1967. Amino acid and vitamin supplementation to barley-cottonseed meal diets for growing finishing swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 26:474-478.
33. HUSBY, F. M.; KROENING, G. H. 1971. Energy value for cottonseed meal for swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 20:734-738.
34. JAFFE, W. G. 1969. Hemagglutinins. In Toxic constituents of plant foodstuffs. Ed. by I. E. Liener. New York, Academic Press. p. 69-101.
35. JIMENEZ, A. A.; PERRY, T. W.; PICKETT, R. A.; BEESON, W. M.- 1963. Raw and heat treated soybeans for growing-finishing swine and their effect on fat firmness. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 22:471-475.
36. KHAYAMBASHI, H.; LYMAN, R. L. 1966. Growth depression and pancreatic and intestinal changes in rats force-fed amino acid diets containing soybean trypsin inhibitor. *Journal of Nutrition (G.B.)* 89:455-465.

37. KLAVER, J.; VANKEMPEN, G. J.; LANGE, P. J. DE; WESTEGEN, M. W.; BOER, H. 1981. Milk composition and daily yield of different milk components as affected by sow condition and lactating/feeding regimen. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 52:1091.
38. LAWRENCE, T. L. J. 1978. The effects of extruding, autoclaving, and acid and basic hydrolysis on certain nutritional properties of full-fat soybeans. *Animal Feeding Science Technology (EE.UU.)* 3:179.
39. LIENER, I. E.; KAKADE, M. L. 1969. Protease inhibitors. In. Toxic constituents of plant foodstuffs. Ed. by I. E. Liener. New York, Academic Press. p. 7-68.
40. LYMAN, C. M.; CHANG, W. Y.; COUCH, J. R. 1953. Evaluation of protein quality in cottoseed meal by chick growth and by a chemical index method. *Journal of Nutrition (G.B.)* 49:679-690.
41. _____; BALIGA, B. P.; SLAY, M. W. 1959. Reactions of protein with gossypol. *Archives of Biochemistry and Biophysics (EE.UU.)* 84:486-497.
42. MATA VILLALBA, W. B. 1981. Evaluación del valor nutritivo y económico del uso de la harina de soya integral en dietas para cerdas lactantes. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 76 p.
43. MEADE, R. J. 1978. La disponibilidad de los aminoácidos en los alimentos convencionales. México. Asociación Americana de Soya. 11 p. (A. N. no. 12).
44. MONCADA, J. A; MANER, J. H. 1970. Estudio del nivel de torta de algodón a utilizar en dietas para cerdos y neutralización de sus efectos tóxicos mediante el sulfato de hierro. *Revista ICA (Col.)* 2:91-102.
45. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, EE.UU. 1979. Nutrient requirements of swine. 8 ed. Washington, D. C., National Academy Press. 52 p.
46. NOLAND, P. R.; FUNDERBURG, M.; ATTEBERRY, F.; SCOTT, K. W. 1968. Use of glandless cottonseed meal in diets for young pigs. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 27:1319.
47. OBANDO, H.; BUITRAGO, J.; MONCADA, A.; JIMENEZ, I. 1975. Empleo de la torta de algodón para cerdas en gestación y lactancia. *Revista ICA (Col.)* 10:7-18.
48. OLSEN, E. M.; YOUNG, L. G.; ASHTON, G. C.; SMITH, G. C. 1975. Effects of roasting and particle size on the utilization of soybean by pigs and rats. *Canadian Journal of Animal Science (Can.)* 55:431-440.

49. O'GRANDY, J. F.; ELSLEY, F. W. H.; McPHEARSON, R. M.; Mc DONALD, P. 1973. The response of lactating sows and their litters to different energy allowances. 1. Milk yield and composition, reproductive performance of sow and growth rate of litters. *Animal Production (G.B.)* 17:65.
50. POND, W. G. 1973. Influence of maternal protein and energy nutrition during gestation on progeny performance in swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 36:175.
51. _____; MANER, J. H. 1974. Swine production in temperate and tropical environments. San Francisco, EE.UU., W. H. Freeman. 646 p.
52. PONS JUNIOR, W. A.; HOFFPANIR, C. L.; HOPPER, T. H. 1953. Gossypol in cottonseed. Influence of variety of cottonseed and environment. *Journal of Agriculture and Food Chemistry (EE.UU.)* 1:1115-1118.
53. REESE, D. E.; MOSER, D. B.; PEO, E. R.; LEWIS, A. J.; ZIMMERMAN, D. R.; KINDER, J. E.; JOHNSON, R. K. 1980. Influence of dietary energy intake during lactation on the interval to first postweaning estrus in swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 51(suppl. 1):217.
54. SEERLEY, R. W.; EMBERSON, J. W.; McCAMBELL, H. C.; BURDICK, D.; GRIMES, L. W. 1974. Cooked soybeans in swine and rat diets. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 39:1082-1090.
55. SHARMA, M. P.; SMITH, F. H.; CLAWSON, A. J. 1966. Effect of levels of protein and gossypol, and length of feeding period on the accumulation of gossypol in tissues of swine. *Journal of Nutrition (G.B.)* 88:433-438.
56. SMITH, F. H.; RHYNE, C. L.; SMART, V. W. 1961. Nutritive quality of cottonseed. Dietary evaluation of cottonseed protein from cottonseed for low gossypol content. *Agricultural and Food Chemistry (EE.UU.)* 9:82-84.
57. _____: CLAWSON, A. J. 1965. Effect of diet on accumulation of gossypol in the organs of swine. *Journal of Nutrition (G.B.)* 87:317-321.
58. _____ 1968. Estimation of free gossypol in cottonseed meal and cottonseed meals: modified method. *Journal of the American Oil Chemists' Society (EE.UU.)* 45:903.
59. _____; CLAWSON, A. J. 1970. The effects of dietary gossypol on animals. *Journal of the American Oil Chemists' Society (EE.UU.)* 47:443-447.

60. SMITH, K. J. 1978. Grano de soya; un ingrediente alimenticio. México, Asociación Americana de Soya. 8 p. (A. n. no. 7a.).
61. STAHLY, T. S.; CROMWELL, G. L.; SIMPSON, W. S. 1981. Effects of level and source of supplemental fat in the lactation diet of sows on the performance of pigs from birth to market weight. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 51:352.
62. STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. 1960. Principles and procedures of statistics. New York, Mc Graw Hill. 481 p.
63. TANKSLEY JUNIOR, T. D.; CALVEZ, D. E. 1973. Studies on the use of cottonseed meal in swine gestation and lactation rations. In Annual Swine Short Course (22., 1973, Texas). Proceedings. Texas, A & M University. p. 36-45.
64. WALDROUP, P. W.; NOLAND, P. R.; DANIELS, L. B. 1978. Frijoles de soya enteros; un alimento potencial para el ganado. México, Asociación Americana de Soya. 16 p.
65. YOUNG, L. G. 1970. Heat processing of soybeans for swine. Ontario, Canada, Department of Agriculture and Food. 4 p. (Information Leaflet AGDEX 141/72).

9. APENDICE

Apéndice 1

Aporte de vitaminas y minerales en las raciones experimentales

Gestación

1) Premezcla de vitaminas aportó por kilogramo de dieta lo siguiente: Vitamina A, 6000 UI; vitamina D, 400 UI; vitamina E, 20 UI; vitamina K, 2 mg; riboflavina, 6 mg; niacina, 20 mg; ácido pantoténico, 14 mg; vitamina B₁₂, 30 mg; biotina, 0,2 mg; ácido fólico, 0,9 mg.

2) Colina como cloruro de colina 1250 mg/kg de dieta

3) Premezcla de minerales aportó por kilogramo de dieta: Fe, 100 mg, Cu, 10 mg; Mn, 4 mg; Zn, 100 mg; Se, 0,15 mg; I, 0,15 mg.

Lactancia

1) Premezcla de vitaminas aportó el 60 por ciento más, de las cantidades específicas para las raciones de gestación.

2) Colina como cloruro de colina, 1250 mg/kg de dieta

3) Premezcla de minerales aportó por kilogramo de dieta: Fe, 100 mg; Cu, 10 mg; Mn, 4 mg; Zn, 100 mg; Se, 0,15 mg; I, 0,15 mg.

Cuadro 1A. Cantidad de alimento ofrecido a la cerda durante el período de lactancia y gestación.

1. Lactancia

Día de lactancia	Consumo diario total en (kg)
1	Ayuno
2	1,08
3	2,16
4	3,24
5	4,32
6	5,40
al	
28	5,40
Total período	129,60

2. Gestación

Durante toda la etapa de gestación (112 días) cada cerda recibió 1,82 kg de alimento en una sola comida diariamente lo que da un total de 203,84 kg consumido por cerda gestante.

Cuadro 2A. Suma de cuadrados correspondientes al análisis de varianza de las variables para las cuales el efecto de peso a la monta fue significativo.

Fuentes de variación	G.L.	Peso día 112	Peso post parto	Peso cerda destetada	Cambio peso cerda
Parto	1	3740,833 **	4514,133 **	3956,008 **	23,408 ns
Dietas	5	914,067 *	709,067 *	708,742 *	89,642 ns
Parto x dietas	5	329,767 ns	283,067 ns	560,342 ns	153,242 ns
Peso a la monta	1	3394,121 **	3875,993 **	2324,338 **	230,189 *
Error	107	6816,678	5663,207	6570,561	4876,311
Total	119				

** Altamente significativa (p<0,01)

* Significativa (p<0,05)

ns No significativa (p>0,05)

Cuadro 3A. Suma de cuadrados correspondientes al análisis de varianza de las variables para las cuales el efecto de peso a la monta no fue significativo.

Fuentes de variación	G.L.	N° lechón destetado	Peso camada al destete	Peso lechón al destete	N° días abiertos
Parto	1	0,833 ns	178,291 ns	4,594 **	195,075 *
Dietas	5	1,966 ns	97,888 ns	1,356 ns	390,042 ns
Parto x dietas	5	4,667	486,265 ns	5,418 ns	645,775 **
Error	108	161,200	8605,148	64.868	4343,100
Total	119				

** Altamente significativa (p<0,01)

* Significativa (p<0,05)

ns No significativa (p>0,05)

Cuadro 4A. Suma de cuadrados correspondientes al análisis de varianza de las variables para las cuales el efecto de peso a la monta no fue significativo.

Fuentes de variación	G.L.	Ganancia total	Ganancia neta	Nacidos totales	Nacidos vivos	Peso camada al nacer	Peso lechón al nacer
Parto	1	364,008 *	200,208 ns	9,633 ns	4,408 ns	0,009 ns	0,189 ns
Dietas	5	906,575 *	506,275 ns	35,200 ns	16,742 ns	5,021 ns	0,284 ns
Parto x dietas	5	403,042 ns	138,542 ns	23,367 ns	19,742 ns	61,184 ns	0,173 ns
Error	108	8231,300	5594,100	438,600	378,700	826,992	5,846
Total	119						

* Significativa (p<0,05)

ns No significativa (p>0,05)

Cuadro 5A. Composición porcentual de la dieta preiniciador
utilizada en la granja "Porcina Americana,
S. A."

Ingrediente	(%)
Maíz	58,20
Soya	27,00
Fosfato	3,00
Vitaminas	0,50
Minerales	0,20
Sal	0,25
Cloruro de colina (50 %)	0,25
Hidrocloruro de lisina (90 %)	0,20
Bayonox	0,25
Tylan	0,15
Leche	10,00

Cuadro 6A. Costo de las materias primas utilizadas en la investigación.

Ingredientes	Precio (¢/kg)*
Sorgo	11,65
Azúcar	10,74
Harina de soya	17,15
Soya integral	17,57
Harina de semilla de algodón	13,78
Sulfato ferroso	37,40
Antioxidante (BHT)	259,00
Fosfato dicálcico	18,34
Carbonato de calcio	1,15
Premezcla de vitaminas	56,79
Premezcla de minerales	27,88
Sal	3,80
Cloruro de colina (50 %)	67,00
Hidrocloruro de lisina (90 %)	190,76

*Precio a junio de 1986.

O	P	T	C	PN	PL12	PP	GT	GN	NT	NV	PGN	PLN	NLD	PGD	PLD	PCD	CPC	DA
1	1	1	1	115	175	158	60	43	11	11	15.00	1.37	8	43.64	5.46	140	-18	15
2	1	1	1	114	179	160	65	46	7	6	10.50	1.80	10	48.04	4.87	143	-17	50
3	1	1	3	112	161	141	40	36	10	10	11.17	1.14	6	44.55	5.37	135	-13	5
4	1	1	4	120	185	171	68	54	7	7	11.37	1.63	11	53.91	4.63	148	-23	5
5	1	1	5	120	179	163	58	41	7	7	9.10	1.30	6	33.64	5.61	152	-11	5
6	1	1	6	110	163	145	53	35	11	6	8.64	1.44	8	47.27	5.91	135	-10	7
7	1	1	7	122	180	171	58	49	6	6	9.09	1.52	9	45.32	5.20	150	-21	23
8	1	1	8	110	166	146	56	36	6	6	10.91	1.02	7	38.64	5.52	135	-11	16
9	1	1	9	120	189	169	69	48	4	4	5.00	1.25	7	39.09	5.58	155	-13	16
10	1	1	10	123	195	168	62	45	9	9	14.55	1.62	9	37.27	4.14	129	-40	15
11	1	1	11	114	177	160	63	46	7	7	11.37	1.63	9	54.09	6.01	141	-19	5
12	1	1	12	108	164	148	56	40	10	9	11.40	1.30	4	47.73	5.97	135	-13	6
13	1	1	13	119	166	154	47	35	12	11	12.72	1.15	6	30.91	5.16	140	-14	6
14	1	1	14	122	170	159	48	37	10	10	15.46	1.54	9	49.10	5.50	140	-19	5
15	1	1	15	118	149	131	33	19	8	8	10.00	1.25	10	54.09	5.41	122	-15	12
16	1	1	16	108	173	157	65	49	13	9	15.00	1.67	7	45.46	6.50	135	-22	5
17	1	1	17	117	150	150	43	33	5	5	10.46	2.10	9	45.45	6.49	135	-15	7
18	1	1	18	112	152	138	40	26	9	8	10.91	1.37	9	55.00	6.11	128	-10	6
19	1	1	19	123	171	156	48	33	10	10	12.26	1.23	8	36.36	4.55	140	-16	5
20	1	1	20	112	166	152	56	40	11	11	15.45	1.40	10	55.00	5.50	132	-20	6
21	1	1	21	114	177	156	63	42	12	12	15.91	1.43	9	50.91	5.66	143	-13	15
22	1	1	22	113	160	147	47	34	8	7	10.00	1.50	7	42.28	6.04	128	-19	5
23	1	1	23	120	177	165	67	45	4	7	8.18	1.16	6	42.77	5.35	155	-10	5
24	1	1	24	110	156	145	61	46	7	7	10.00	1.43	7	14.10	4.90	143	-8	5
25	1	1	25	110	162	145	52	35	8	8	10.46	1.31	8	41.25	5.41	130	-15	5
26	1	1	26	110	169	142	50	32	7	7	9.09	1.30	8	40.91	5.11	129	-13	5
27	1	1	27	120	175	157	55	37	8	8	13.19	1.65	9	70.00	5.56	146	-11	15
28	1	1	28	112	172	155	60	43	9	8	11.72	1.44	8	43.49	5.38	140	-15	7
29	1	1	29	113	187	160	69	47	12	10	12.73	1.28	9	45.00	5.63	148	-12	6
30	1	1	30	115	181	164	66	49	8	8	15.91	1.99	9	42.27	4.70	136	-28	15
31	1	1	31	110	174	159	74	49	11	11	16.40	1.48	8	19.55	4.95	142	-17	5
32	1	1	32	120	170	155	50	35	8	8	10.61	1.33	8	56.37	7.05	133	-22	6
33	1	1	33	120	162	152	42	30	9	7	12.72	1.41	9	45.50	5.10	127	-25	5
34	1	1	34	108	152	140	44	32	6	6	6.37	1.07	4	47.73	5.97	123	-17	25
35	1	1	35	110	148	136	38	26	8	7	10.00	1.43	7	45.19	6.17	130	-6	7
36	1	1	36	110	145	145	50	35	8	8	14.09	1.77	8	57.28	7.16	132	-13	6
37	1	1	37	117	170	152	58	40	7	7	12.28	1.76	8	50.46	6.72	135	-17	5
38	1	1	38	115	165	159	50	35	8	8	11.59	1.48	6	48.77	5.90	134	-16	8
39	1	1	39	115	148	148	62	35	6	6	4.19	1.36	10	45.45	4.55	138	-10	5
40	1	1	40	115	145	160	70	45	8	8	13.64	1.71	9	41.64	5.46	150	-10	5

O= Observación
P= Parto
T= Dietas
1= 100 % HS
2= 100 % HSA
3= 75 % HSA + 25 % SI
4= 50 % HSA + 50 % SI
5= 25 % HSA + 75 % SI
6= 100 % SI
C= Cerdas

PM= Peso a la monta
pl12= Peso post parto
GT= Ganancia total
GN= Ganancia neta
NT= Nacidos totales
NV= Nacidos vivos
PCaN= Peso de la camada al nacer
PLN= Peso de lechón al nacer
NLD= Número de lechones destetados
PCaD= Peso de la camada al destete

PLD= Peso de lechón al destete
PCD= Peso de la cerda al destete
CPC= Cambio de peso de la cerda
DA= Días abiertos

Cuadro 7A. (Continuación).

O:	P	T	C	PM	P112	PP	GT	GN	NT	NV	PGN	PLN	NLD	PGD	PLD	PCD	CPC	DA
81	2	3	1	121	166	154	45	33	6	6	9.09	1.52	8	57.28	7.16	139	-15	7
82	2	3	2	135	183	166	48	31	9	9	11.82	1.32	9	32.28	5.81	155	-11	6
83	2	3	3	120	164	150	44	30	9	9	14.09	1.56	7	36.37	5.20	132	-18	6
84	2	3	4	132	190	175	58	43	10	10	16.36	1.63	9	58.19	6.47	158	-17	28
85	2	3	5	136	192	173	56	37	10	8	15.00	1.99	10	59.10	5.90	160	-13	6
86	2	3	6	132	189	172	48	40	7	7	10.46	1.50	9	50.00	5.56	154	-14	4
87	2	3	7	126	170	160	44	34	5	5	7.28	1.46	4	20.45	5.11	145	-15	5
88	2	3	8	126	190	165	64	39	9	9	12.73	1.41	8	53.19	6.65	135	-30	5
89	2	3	9	123	172	157	49	34	9	9	13.18	1.46	9	40.00	4.44	130	-27	6
90	2	3	10	120	175	160	55	40	9	9	12.73	1.41	9	40.00	4.44	130	-30	6
91	2	4	1	133	176	157	45	27	9	9	11.81	1.31	8	47.73	5.97	142	-15	6
92	2	4	2	122	170	154	43	32	9	9	14.09	1.56	9	57.28	6.37	130	-24	9
93	2	4	3	134	190	179	55	45	9	9	14.55	1.62	8	47.70	6.00	160	-19	5
94	2	4	4	131	173	160	42	29	8	6	11.37	1.43	8	44.55	5.57	140	-20	5
95	2	4	5	125	165	153	40	28	9	9	15.00	1.67	8	40.91	5.11	143	-10	5
96	2	4	6	135	190	175	55	40	7	7	10.46	1.50	8	36.36	4.55	158	-17	5
97	2	4	7	130	200	174	70	44	12	12	17.27	1.44	9	50.91	5.66	144	-30	5
98	2	4	8	130	175	162	45	32	9	9	11.82	1.31	8	42.58	5.32	148	-14	6
99	2	4	9	124	173	158	49	34	7	7	10.45	1.49	9	57.73	6.41	140	-18	7
100	2	4	10	134	194	172	50	38	3	3	9.36	2.12	8	44.54	5.57	160	-12	4
101	2	5	1	134	195	180	62	46	7	7	14.10	2.10	9	72.73	8.09	166	-14	5
102	2	5	2	123	173	164	53	44	6	6	6.00	1.00	6	46.82	7.81	155	-9	5
103	2	5	3	130	186	160	56	30	11	9	13.63	1.51	7	43.19	6.17	149	-11	5
104	2	5	4	135	200	178	64	42	9	9	14.54	1.61	8	54.50	6.80	165	-13	3
105	2	5	5	134	178	166	44	32	10	10	12.27	1.22	10	36.40	5.60	155	-11	5
106	2	5	6	134	195	178	61	44	7	6	6.82	1.14	7	33.64	4.81	156	-22	5
107	2	5	7	126	190	177	64	51	5	5	7.73	1.55	8	50.00	6.25	160	-17	5
108	2	5	8	122	172	150	50	28	8	8	13.64	1.71	8	36.36	4.55	140	-10	5
109	2	5	9	127	182	162	55	35	11	11	12.27	1.12	9	44.09	5.51	132	-30	7
110	2	6	10	125	188	172	63	47	6	6	9.09	1.52	9	61.82	6.87	157	-22	5
111	2	6	1	130	170	160	40	30	6	6	9.09	1.51	9	50.91	5.66	145	-15	26
112	2	6	2	126	175	161	49	35	6	6	8.18	1.36	8	45.46	5.69	147	-14	5
113	2	6	3	135	178	164	43	29	6	6	10.45	1.74	6	33.20	5.50	148	-16	8
114	2	6	4	135	190	180	55	45	6	6	13.63	2.27	7	45.91	6.56	145	-35	5
115	2	6	5	136	200	185	64	49	7	7	9.55	1.37	9	61.40	6.80	170	-15	5
116	2	6	6	125	167	150	41	24	10	9	13.19	1.47	8	46.40	5.80	140	-10	5
117	2	6	7	135	190	176	55	41	9	9	13.64	1.52	8	34.55	6.82	150	-26	3
118	2	6	8	125	160	155	43	30	5	5	8.64	1.73	6	32.73	5.46	134	-21	6
119	2	6	9	135	200	183	63	38	11	11	15.00	1.37	8	44.55	5.57	168	-15	5
120	2	6	10	131	182	168	47	33	7	7	11.76	1.59	8	45.12	5.94	150	-18	8

Cuadro 7A: (Continuación)

O	P	T	C	PM	PI12	PP	GT	GN	NT	NV	PGN	PLN	NLD	PGD	PLD	PCD	CPC	DA
41	1	5	1	110	170	142	60	32	13	12	19.70	1.60	9	47.73	5.31	134	-8	24
42	1	5	2	115	160	160	53	45	9	9	13.63	1.51	6	41.82	6.97	135	-25	15
43	1	5	3	138	160	145	52	37	6	5	6.36	1.27	5	26.82	5.37	130	-15	28
44	1	5	4	117	177	166	60	49	9	9	12.73	1.42	8	43.64	5.46	149	-17	14
45	1	5	5	115	176	164	61	49	11	7	8.19	1.17	7	43.64	6.24	145	-19	9
46	1	5	6	110	155	135	45	25	10	10	15.00	1.50	8	32.55	4.94	128	-7	8
47	1	5	7	115	170	140	55	25	12	11	15.00	1.37	7	34.09	4.87	132	-8	8
48	1	5	8	110	177	159	67	49	9	8	10.91	1.37	9	45.45	5.05	135	-24	6
49	1	5	9	117	191	160	69	49	10	10	15.91	1.59	9	49.54	5.50	134	-26	14
50	1	5	10	114	180	164	62	46	11	11	15.91	1.45	10	53.64	5.36	150	-14	14
51	1	6	1	108	162	142	54	34	9	9	11.40	1.30	10	55.91	6.60	128	-14	5
52	1	6	2	110	175	145	65	35	8	8	9.54	1.19	8	46.82	5.86	123	-22	8
53	1	6	3	113	170	155	57	42	7	7	9.78	1.40	9	50.00	5.60	124	-31	4
54	1	6	4	122	180	160	58	38	6	6	10.46	1.75	9	65.46	7.28	144	-16	3
55	1	6	5	112	160	142	44	30	10	10	14.55	1.46	9	41.36	4.60	130	-8	5
56	1	6	6	122	190	160	58	38	12	12	13.64	1.14	6	32.72	5.45	130	-30	5
57	1	6	7	120	177	167	57	47	11	11	14.55	1.32	10	55.00	5.50	135	-32	5
58	1	6	8	120	172	160	52	40	6	6	10.00	1.67	8	34.54	4.31	145	-25	5
59	1	6	9	115	172	156	57	41	9	9	15.91	1.77	9	44.55	4.95	134	-11	5
60	1	6	10	112	163	146	51	34	8	8	10.46	1.31	9	45.45	5.05	144	-2	5
61	2	1	1	132	182	166	50	34	8	8	12.73	1.60	10	55.46	5.55	154	-12	5
62	2	1	2	130	149	180	59	50	5	5	8.19	1.64	8	52.29	6.54	165	-15	4
63	2	1	3	132	195	180	63	48	6	6	12.27	2.04	7	55.46	7.93	160	-20	4
64	2	1	4	130	180	165	50	35	9	9	15.90	1.76	8	54.55	6.82	146	-19	4
65	2	1	5	124	185	170	61	44	10	10	14.09	1.56	7	41.37	5.91	160	-10	25
66	2	1	6	132	188	163	56	31	10	10	15.45	1.54	9	56.82	6.32	150	-13	5
67	2	1	7	135	175	170	40	35	11	10	13.20	1.30	9	35.91	6.21	155	-15	5
68	2	1	8	135	192	160	47	25	7	7	12.28	1.76	8	34.55	6.82	143	-17	8
69	2	1	9	132	180	160	48	28	8	8	15.46	1.94	9	52.27	5.81	138	-22	4
70	2	1	10	120	190	162	60	42	6	6	9.55	1.60	8	30.00	5.00	145	-17	8
71	2	2	1	133	190	170	57	37	10	10	14.09	1.41	9	40.46	4.50	158	-12	5
72	2	2	2	126	167	157	41	31	6	6	10.50	1.80	8	51.37	7.68	138	-19	5
73	2	2	3	120	173	157	53	37	11	11	13.64	1.24	8	49.82	5.86	150	-7	5
74	2	2	4	125	166	154	41	29	8	8	10.91	1.37	8	47.70	6.00	143	-11	5
75	2	2	5	131	192	167	61	36	8	8	12.28	1.54	8	48.50	6.06	145	-22	6
76	2	2	6	126	170	156	44	30	8	8	9.54	1.19	8	44.09	5.52	142	-14	5
77	2	2	7	130	175	160	45	30	9	7	9.09	1.30	8	53.18	6.65	140	-20	5
78	2	2	8	134	192	175	58	41	8	8	12.73	1.60	10	55.00	5.50	153	-22	9
79	2	2	9	123	180	160	57	37	10	10	14.09	1.41	10	54.09	5.41	150	-10	8
80	2	2	10	135	192	175	57	40	11	9	12.73	1.42	5	22.73	4.55	145	-30	26

Cuadro 8A. Lista de los datos observados y registrados de la prueba de digestibilidad *in vivo* de proteína cruda (%) y materia seca (MS) para las dietas experimentales.

O*	P	T	Dig. MS (%)	Dig. Prot. (%)
1	1	1	87.94	83.96
2	1	1	88.07	84.72
3	1	1	88.35	84.36
4	1	2	88.49	84.68
5	1	2	88.14	83.84
6	1	2	88.29	84.73
7	2	1	88.34	84.41
8	2	1	88.19	84.12
9	2	1	88.08	84.10
10	2	2	88.18	84.80
11	2	2	88.48	84.90
12	2	2	88.50	85.73
13	3	1	88.12	85.05
14	3	1	88.13	84.47
15	3	1	88.52	84.62
16	3	2	88.16	84.73
17	3	2	88.26	83.86
18	3	2	88.17	84.65
19	4	1	88.09	84.48
20	4	1	88.23	82.78
21	4	1	88.17	84.11
22	4	2	88.09	83.75
23	4	2	87.18	85.46
24	4	2	88.37	83.72
25	5	1	88.43	84.47
26	5	1	88.19	83.02
27	5	1	88.04	84.31
28	5	2	88.20	84.35
29	5	2	88.19	84.14
30	5	2	87.93	84.85
31	6	1	88.09	84.16
32	6	1	88.16	83.07
33	5	1	88.28	84.87
34	6	2	88.13	83.54
35	6	2	88.29	84.12
36	6	2	88.20	84.64

Ver simbología en el Cuadro 7A.

Cuadro 9A. Desviación estándar ($S\bar{x}$) para las variables correspondientes a los rendimientos productivos de cerdas gestantes.

Variables	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
Peso a la monta (kg)	8,52	8,37	8,49	9,32	9,28	9,66
Peso al día 112 (kg)	8,68	12,31	9,70	12,82	11,64	11,43
Peso post-parto (kg)	9,62	10,66	9,02	11,36	13,09	12,90
Ganancia total (kg)	7,54	11,61	7,73	10,80	6,86	7,65
Ganancia neta (kg)	8,04	6,84	5,70	6,54	8,78	6,95

1= 100 % harina de soya (testigo)

2= 100 % harina de semilla de algodón (HSA)

3= 75 % HSA + 25 % Soya integral (SI)

4= 50 % HSA + 50 % SI

5= 25 % HSA + 75 % SI

6= 100 % SI

Cuadro 10A. Desviación estándar (\bar{Sx}) para las variables correspondientes a los rendimientos reproductivos de cerdas lactantes.

Variables	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
Nacidos totales	2,03	2,01	1,73	2,08	2,25	2,06
Nacidos vivos	1,93	1,66	1,57	1,89	2,14	2,02
Peso de la camada al nacer (kg)	2,92	1,94	2,66	2,94	3,63	2,38
Peso lechón al nacer (kg)	0,23	0,23	0,20	0,22	0,25	0,26
Número lechones destetados	1,32	1,33	1,26	0,66	0,33	1,20

1= 100 % Harina de soya (testigo)

2= 100 % harina de semilla de algodón (HSA)

3= 75 % HSA + 25 % soya integral (SI)

4= 50 % HSA + 50 % SI

5= 25 % HSA + 75 % SI

6= 100 % SI

Cuadro 11A. Desviación estándar ($S\bar{X}$) para las variables correspondientes a los rendimientos productivos de cerdas lactantes.

Variables	Tratamientos					
	1	2	3	4	5	6
Peso camada destetada (kg)	8,11	9,20	9,22	6,75	10,44	9,88
Peso lechón destetado (kg)	0,85	0,77	0,70	0,74	0,99	0,76
Peso cerda destetada (kg)	9,74	8,46	10,65	10,64	12,36	12,63
Cambio peso de la cerda (kg)	6,76	5,48	6,71	5,81	6,83	8,76
Número días abiertos	11,20	4,88	5,86	4,47	6,77	4,83

1= 100 % harina de soya (Testigo)

2= 100 % harina de semilla de algodón (HSA)

3= 75 % HSA + 25 % soya integral SI

4= 50 % HSA + 50 % SI

5= 25 % HSA + 75 % SI

6= 100 % SI