

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**EFFECTOS BIOLÓGICOS, METABÓLICOS Y ECONÓMICOS DE DIFERENTES
PORCENTAJES DE PROTEÍNA EN RACIONES PARA ENGORDE DE
CERDOS (60 A 100 KILOGRAMOS) EN COSTA-RICA**

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

Gerardo B. Arce Arce

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL
Turrialba, Costa Rica
1987**

DEDICATORIA

A mi esposa, Damaris
y a mi hijo, Bernard

A mis padres:
Danilo y Teresa

A mi hermano,
Minor

Quienes con su comprensión, estímulo y colaboración hicieron posible que alcanzara la meta propuesta.

AGRADECIMIENTO

A la Dra. María Kass, Consejera Principal, quien en todo momento su po dar la orientación necesaria para llevar este trabajo de investigación a feliz término.

Al Dr. Carlos Campabadal, miembro del Comité Asesor, por su constan te disposición para ofrecer la ayuda técnica y material necesaria para la ejecución de la investigación.

A los Dres. Carlos Chaves y Ludwig Müller, miembros del Comité Ase- sor, por la revisión del informe final de tesis y sus valiosas sugerencias para mejorarlo.

A los señores, Ovidio Soto Blanco, Ex-viceministro de Educación Públi- ca, Edgar Vargas Gamboa, Ex-director General de Educación Técnica y Pe- dro José Barrantes, Jefe de la Oficina Técnica de la Dirección Regional de Cartago, por la valiosa ayuda dada para que hiciera el estudio de Pos- grado.

A los señores Pedro Ferreira, Gerardo Rodríguez y Franklin López, por su valiosa colaboración en el procesamiento de los datos y pruebas de la- boratorio.

A la empresa Porcina Americana S. A.. Al personal de: la planta de alimentos, sección de engorde y planta industrializadora. Al señor admi- nistrador, Dr. Fernando Moya.

A la Asociación Americana de la Soya por su valioso aporte a través del Dr. Carlos Campabadal.

Al Gobierno de Holanda por el financiamiento brindado para el estudio de Posgrado del autor.

Al personal de la Biblioteca Conmemorativa Orton, encargado del préstamo de libros y reproducción de documentos, por la positiva actitud que en todo momento mostraron.

A los señores Raymundo Solano, Mario Solano y Rafael Aguilar, miembros de la sección de reproducción de documentos del CATIE, por la excelente atención y servicio dado.

A las señoras Lorena Jiménez, Beverly Vázquez, Carmen Fuentes, Myrna Montero, Marlene Moya, Teresita Rojas, Lorena Pereira y la señorita Jeanette Solano por su magnífico trato y colaboración.

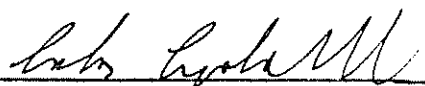
Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

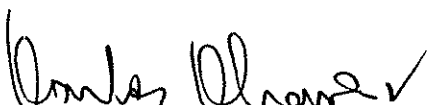
Comité Asesor:



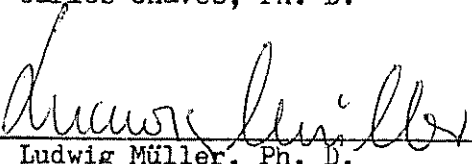
María L. Kass, Ph. D. Profesora Consejera




Carlos Campabadal, Ph. D. Miembro del Comité




Carlos Chaves, Ph. D. Miembro del Comité




Ludwig Müller, 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



Gerardo B. Arce Arce
Candidato

CONTENIDO

| | Página |
|---|--------|
| RESUMEN | ix |
| SUMMARY | xii |
| LISTA DE CUADROS | xiv |
| LISTA DE FIGURAS | xvi |
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. REVISION DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 Características nutricionales de la harina de soya y maíz para la producción porcina | 3 |
| 2.1.1 Valor nutritivo de la harina de soya | 3 |
| 2.1.2 Valor nutritivo del maíz | 5 |
| 2.1.3 Alimentación de cerdos con dietas basadas en harina de soya y maíz | 6 |
| 2.2 Efecto del porcentaje de proteína sobre el rendimiento de los cerdos en el período de finalización | 10 |
| 2.2.1 Consumo de alimento | 10 |
| 2.2.2 Ganancia de peso | 11 |
| 2.2.3 Conversión alimenticia | 12 |
| 2.2.4 Rendimiento en canal | 13 |
| 2.2.5 Grasa dorsal | 14 |
| 2.2.6 Digestibilidad de la materia seca y de la proteína na | 15 |
| 2.3 Efecto del sexo sobre el comportamiento de los cerdos .. | 16 |
| 2.3.1 Consumo de alimento | 16 |
| 2.3.2 Ganancia de peso | 17 |
| 2.3.3 Conversión alimenticia | 18 |
| 2.3.4 Rendimiento en canal | 19 |
| 2.3.5 Grasa dorsal | 20 |
| 2.3.6 Digestibilidad de la materia seca y de la proteína na | 21 |

| | Página |
|---|--------|
| 3. MATERIALES Y METODOS | 22 |
| 3.1 Localización del lugar de investigación | 22 |
| 3.2 Procedimiento experimental | 22 |
| 3.3 Tratamientos experimentales | 23 |
| 3.4 Diseño experimental y análisis estadístico | 25 |
| 3.5 Variables en estudio | 26 |
| 3.5.1 Ganancia diaria de peso | 26 |
| 3.5.2 Consumo de alimento | 26 |
| 3.5.3 Conversión alimenticia | 26 |
| 3.5.4 Rendimiento en canal | 27 |
| 3.5.5 Grueso de la grasa dorsal | 27 |
| 3.5.6 Digestibilidad aparente de la materia seca y de proteína | 27 |
| 3.6 Análisis de laboratorio y pruebas de digestibilidad | 28 |
| 3.7 Análisis económico | 29 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSION | 30 |
| 4.1 Efecto del porcentaje de proteína | 30 |
| 4.1.1 Consumo de alimento | 30 |
| 4.1.2 Ganancia de peso | 32 |
| 4.1.3 Conversión alimenticia | 32 |
| 4.1.4 Rendimiento en canal | 34 |
| 4.1.5 Grueso de la grasa dorsal | 35 |
| 4.2 Efecto del sexo | 36 |
| 4.2.1 Consumo de alimento | 37 |
| 4.2.2 Ganancia de peso | 37 |
| 4.2.3 Conversión alimenticia | 38 |
| 4.2.4 Rendimiento en canal | 39 |
| 4.2.5 Grueso de la grasa dorsal | 39 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.3 | Resultados de las pruebas de digestibilidad aparente ... | 40 |
| 4.3.1 | Digestibilidad aparente de la materia seca | 40 |
| 4.3.2 | Digestibilidad aparente de la proteína | 41 |
| 4.4 | Interacción sexo-dieta | 42 |
| 4.5 | Resultados económicos | 42 |
| 5. | CONCLUSIONES | 44 |
| 6. | RECOMENDACIONES | 46 |
| 7. | LITERATURA CITADA | 47 |
| 8. | APENDICE | 53 |

EFFECTOS BIOLOGICOS, METABOLICOS Y ECONOMICOS DE DIFERENTES

PORCENTAJES DE PROTEINA EN RACIONES PARA ENGORDE DE

CERDOS (60 A 100 KILOGRAMOS) EN COSTA RICA

Palabras claves: Período de finalización, porcentaje de proteína, sexo, harina de soya, maíz.

RESUMEN

Los porcentajes de proteína utilizados en las dietas de los cerdos en Costa Rica, generalmente se basan en los resultados obtenidos con investigaciones realizadas en climas templados o recomendaciones dadas por el Consejo Nacional de Investigaciones (National Research Council, NRC).

El objetivo de este trabajo fue determinar los efectos biológicos, metabólicos y económicos de diferentes porcentajes de proteína en dietas para engorde de cerdos en Costa Rica.

La investigación se realizó en la empresa "Porcina Americana S.A.", ubicada en Cartago, Costa Rica. Un total de 640 cerdos híbridos (Duroc-Hampshire X Yorkshire-Landrace), machos castrados y hembras, con un peso promedio de 60,40 kg, se distribuyeron aleatoriamente en cuatro grupos de 160 (80 machos y 80 hembras). Cada grupo consumió ad libitum una dieta diferente en contenido proteínico, basada en harina de soya y maíz. Las dietas fueron calculadas para 13, 14, 15 y 16 % de proteína cruda. Los datos fueron analizados mediante un modelo factorial 4 X 2 con distribución completamente al azar. Las dietas presentaron coeficientes de digestibilidad de materia seca y de proteína cruda que variaron entre 89,06 a 91,79 % y 84,89 a 88,91 %, respectivamente.

El efecto de los tratamientos se evaluó a través de las variables biológicas (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento en canal, grueso de la grasa dorsal), metabólicas (digestibilidad de la materia seca y proteína) y económicas (costo de la producción de un kilogramo de ganancia de peso vivo).

Hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos para las variables consumo de alimento y conversión alimenticia. Mayor consumo de la dieta con 13 % de proteína y mejor conversión alimenticia con 15 y 16 % de proteína. No hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) para las variables ganancia de peso, grueso de la grasa dorsal, rendimiento en canal y digestibilidad de la materia seca y de la proteína.

El análisis de regresión del porcentaje de proteína sobre las variables consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento en canal determinó efectos lineales negativos. Según aumentó el porcentaje de proteína disminuyó linealmente el consumo de alimento ($p < 0,01$), el rendimiento en canal ($p < 0,01$) y la cantidad de kilogramos de alimento por kilogramo de ganancia de peso vivo ($p < 0,05$).

Entre sexos, el consumo de alimento, la ganancia de peso y el grueso de la grasa dorsal resultaron con diferencias altamente significativas ($p < 0,01$). Los machos tuvieron mayor consumo y mayor ganancia, mientras que las hembras tuvieron una mejor conversión alimenticia. En el resto de las variables no hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sexos.

La ración con 13 % de proteína fue la más eficiente, en términos económicos, considerando los precios actuales de las materias primas en el mercado costarricense. Sin embargo, la eficiencia económica está sujeta a la fluctuación de los precios de las materias primas, los índices de conversión alimenticia obtenidos y las condiciones de la empresa donde se realizó la investigación.

BIOLOGICAL, METABOLIC AND ECONOMICAL EFFECTS OF DIFFERENT LEVELS OF PROTEIN IN FATTENING DIETS (60 - 100 KG) FOR PIGS IN COSTA RICA

Key words: fattening diet, protein level, sex, soybean meal, corn.

SUMMARY

The protein levels presently utilized in the diets of pigs in Costa Rica are based on the research realized in temperate zones, e. g. the recommendations of the NRC.

The objective of this research was to study the biological, metabolic and economical effects of different levels of protein in fattening diets for swine in Costa Rica.

The work was carried out on the farm "Porcina Americana S.A.", Cartago, Costa Rica. A total of 640 males and females hybrids of Duroc-Hampshire X Yorkshire-Landrace, with an average weight of 60.4 kg, were divided at random into 4 groups of 160 animals each (80 males and 80 females). Each group was fed ad libitum with a corn-soybean diet having 13, 14, 15 and 16 % of crude protein. Coefficients of digestibility of dry matter and crude protein varied from 89,06 to 91,79 % and 84,89 to 88,91 %, respectively.

The effects of the treatments were evaluated by means of biological (feed intake, weight gain, feed: gain ratio, carcass yield, back fat), metabolic (digestibility of dry matter and crude protein) and economical

(cost to produce 1 kg of weight gain) parameters.

Statistically significant differences were found between treatments ($p < 0,05$) for food intake and feed : gain ratio. The protein level of 13 % showed superior food intake but the protein level of 15 and 16 % had the best feed: gain ratio. There were no significant differences ($p < 0,05$) between treatments for weight gain, back fat, carcass yield and dry matter and crude protein digestibilities.

Increasing the protein level in the diet decreased significantly ($p < 0,01$, $p < 0,01$ and $p < 0,05$) the feed intake, carcass yield and feed: gain ratio.

Between sexes there were significant differences ($p < 0,01$) in feed intake, weight gain and back fat. The males showed superior feed intake and weight gains and the females better feed: gain ratio.

Considering the present price of the ingredients in Costa Rica, the 13 % crude protein ratio was economically superior. Nevertheless the economic efficiency depend of the price fluctuation and the feed: gain ratio obtained in this research.

LISTA DE CUADROS

Página

En el texto

Cuadro no.

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Comportamiento de los cerdos alimentados con dietas basadas en harina de soya y maíz durante el período de finalización, en diferentes experimentos | 7 |
| 2. | Ingredientes y porcentajes de proteína en las dietas . | 23 |
| 3. | Cantidad de vitaminas utilizadas en las dietas experimentales | 24 |
| 4. | Cantidad de minerales trazas utilizados en las dietas experimentales | 25 |
| 5. | Contenido de materia seca, proteína y lisina en las dietas | 28 |
| 6. | Rendimiento de los cerdos en engorde, alimentados con cuatro porcentajes diferentes de proteína | 31 |
| 7. | Rendimiento de los cerdos según el sexo | 36 |
| 8. | Digestibilidad aparente de la materia seca y de la proteína cruda en cada una de las dietas | 40 |
| 9. | Digestibilidad aparente de la materia seca y de la proteína cruda por sexo | 41 |
| 10. | Costo de la alimentación de los cerdos con diferentes porcentajes de proteína en la dieta | 42 |

En el apéndice

| | | |
|-----|---|----|
| 1A. | Medias obtenidas para todas las variables en estudio por sexo, nivel de proteína y sexo-proteína | 60 |
| 2A. | Suma de cuadrados para consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento en canal, grueso de la grasa dorsal, digestibilidad de la materia seca y proteína | 61 |

| | | |
|-----|--|----|
| 3A. | Suma de cuadrados del análisis de regresión para consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento en canal, grueso de la grasa dorsal, digestibilidad de la materia seca y de la proteína sobre el porcentaje de la proteína en la dieta ... | 62 |
| 4A. | Costo de las materias primas utilizadas en la formulación de las dietas | 63 |
| 5A. | Número de observaciones, medias, desviaciones estándares, valores mínimos y máximos para cada una de las variables en estudio | 64 |
| 6A. | Resultados de las observaciones por sexo y nivel de proteína, para cada una de las variables en estudio . | 65 |

LISTA DE FIGURAS

En el apéndice

Página

Figura no.

| | | |
|-----|--|----|
| 1A. | Distribución de los cerdos por semana, unidades experimentales y porcentajes de proteína | 66 |
| 2A. | Influencia del porcentaje de proteína sobre el consumo de alimento | 67 |
| 3A. | Influencia del porcentaje de proteína sobre el rendimiento en canal | 68 |

1. INTRODUCCION

La alimentación es el factor más importante en la explotación porcina debido a que representa entre el 60 y 80 % del costo total. Ello obliga a una constante investigación que permita conocer los medios de producción más eficientes para esta explotación, cada día más intensiva y especializada.

Hasta hace poco tiempo el mayor anhelo del productor era alcanzar el peso del mercado (90 a 100 kg) entre los siete u ocho meses de edad. Hoy, la preocupación es lograrlo entre cuatro meses y medio y cinco meses, para lo que se hace necesario el uso de raciones correctamente equilibradas, de alta calidad y económicas. Esto conlleva al suministro de los requerimientos nutritivos de manera muy exacta en cada etapa de desarrollo, de tal forma que permita al organismo del animal tener la cantidad de nutrimentos necesarios en el momento preciso para obtener el máximo desarrollo.

La mayoría de las explotaciones en centroamérica utilizan requerimientos nutritivos establecidos y usados en ambientes de clima templado, por falta de información actualizada y confiable para esta región, lo que hace que generalmente la producción y rentabilidad de la explotación no concuerde con lo obtenido en regiones templadas.

Como en todo tipo de empresa, la aceptación de parámetros obtenidos en condiciones diferentes a la región donde se va a trabajar es muy riesgoso y, en ocasiones, hasta frustrante. Por ello, se hace necesario aprovechar los avances tecnológicos logrados en países desarrollados y adecuar

los, con base en investigaciones locales, a la situación de la zona para obtener el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles y lograr a sí una mayor eficiencia en la empresa.

Con el fin de dar un aporte que ayude a solucionar la situación comentada anteriormente, se realizó esta investigación que tuvo como objetivo general, evaluar los efectos biológicos, metabólicos y económicos por el uso de diferentes porcentajes de proteína, en dietas para engorde de cerdos en Costa Rica. Este objetivo general se desglosó en los siguientes objetivos específicos:

- Determinar los efectos de diferentes porcentajes de proteína en la dieta para engorde de cerdos, sobre los rendimientos productivos (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento en canal y grueso de la grasa dorsal) y la digestibilidad de la materia seca y de la proteína.

- Evaluar los efectos económicos de diferentes porcentajes de proteína en la dieta.

- Evaluar los efectos del sexo sobre el porcentaje de la proteína en la dieta

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Características nutricionales de la harina de soya y el maíz para la producción porcina

2.1.1 Valor nutritivo de la harina de soya

La harina de soya es la fuente de suplemento proteínico de origen vegetal más usada en la formulación de dietas balanceadas para cerdos, debido a su excelente contenido de aminoácidos (Rudolph et al., 1983). Puede emplearse como fuente parcial o total de proteína en la ración de porcinos de todas edades. A medida que se aumenta la proporción de proteína proveniente de la harina de soya, generalmente se obtiene un mejor rendimiento de peso y eficiencia de la conversión alimenticia de cerdos en crecimiento y acabado (Buitrago et al., 1977), ya que la digestibilidad de la proteína cruda en la harina de soya es más alta que la de otros alimentos proteínicos (Just, 1982). Taverner (1975) al comparar la harina de soya con otras fuentes proteínicas, mezcladas con trigo como fuente energética, en cerdos de 20 a 80 kg y 17,8 % de proteína cruda, informó una tasa de crecimiento diario y una eficiencia alimenticia superior en los animales alimentados con harina de soya.

El valor nutricional de los productos de soya para alimentación de cerdos es afectado profundamente por el grado de calentamiento (Combs et al., 1967; Delort-Laval, Charlet-Lerry, 1971; Noland et al., 1976), por el cual son destruídos varios factores antinutritivos

que contiene la harina de soya. Los inhibidores de tripsina son los factores antinutritivos que mayor interés ha despertado en los investigadores (Vandergrift, s.f.).

El tratamiento ideal debe proporcionar la temperatura y condiciones adecuadas que permitan la destrucción de las antienzimas, para que no afecten la disponibilidad de aminoácidos o resulten en alteración de otros componentes nutritivos de la soya (Buitrago et al., 1977). El sistema que mejor resultado ha dado es el de extracción de aceite por medio de solventes, después de un proceso de calentamiento y trituración de la semilla (Krider, s.f.).

2.1.1.1 Proteína y aminoácidos en la harina de soya

La harina de soya bien preparada contiene una proteína de excelente calidad. Según el grado de extracción del aceite y del descascarillado, la harina de soya contiene entre 43 y 51 % de proteína cruda (Pond y Maner, 1976). La proteína de la harina de soya posee un equilibrio de aminoácidos esenciales para los cerdos en crecimiento. Con excepción de la metionina, la mayoría de los aminoácidos se encuentran en cantidades adecuadas, cuando la harina de soya se utiliza para suministrar toda la proteína de la dieta para porcinos (Rudolph et al., 1983 ; Balloun, 1980).

Según Berry et al., (1962), el orden en que los aminoácidos de la proteína de soya son limitativos para el cerdo es : metionina, treonina

y lisina.

2.1.2 Valor nutritivo del maíz

El maíz se ha empleado tradicionalmente en la alimentación de cerdos, ya que no presenta ninguna restricción con respecto a su uso (Araya y Padilla, 1984). El maíz contiene 9 % de proteína cruda como promedio. Esta proteína es de baja calidad debido a una deficiencia de ciertos aminoácidos esenciales, especialmente lisina y triptofano.

La razón de la baja calidad de la proteína del maíz se debe a la zeína, proteína soluble en alcohol, que representa hasta el 50 % de la proteína total del grano de la mayoría de las variedades. La zeína contiene niveles muy bajos de lisina y triptofano (Pond y Maner, 1976).

Diferentes investigaciones muestran la superioridad del maíz como fuente energética cotejada con otros cereales, en dietas para cerdos. Así, al utilizar maíz y cebada en diferentes dietas con harina de soya la eficiencia de conversión de la materia seca del maíz molido, fue significativamente mejor que la obtenida con la cebada; a la vez los cerdos tuvieron significativamente más ganancia de peso diario y mayor rendimiento en canal, aunque sin diferencias estadísticas (Greer et al., 1965; Lawrence, 1977).

Al comparar maíz, trigo, millo y cebada en dietas para cerdos entre 57 y 101 kg suplementados con harina de soya, Mc Connell et al., (1975) informaron que el trigo y maíz produjeron casi idénticas tasas de ganancia y eficiencia de conversión, con una mayor producción que la

cebada y el millo debido a la menor cantidad de alimento requerido por unidad de peso ganada por los animales. Noland et al., (1976) encontraron que las dietas con sorgo en comparación con las del maíz, tenían significativamente ($p < 0,05$) más baja digestibilidad de energía y proteína. También Lindemann (1983) y Seerley et al., (1967) encontraron superioridad del maíz sobre la avena, al determinar que hay un incremento lineal significativo en conversión alimenticia, con el incremento de avena en la dieta para cerdos en el período de finalización.

2.1.3 Alimentación de cerdos con dietas basadas en harina de soya y maíz

Diversas investigaciones sobre la alimentación de cerdos se han realizado con dietas basadas en harina de soya y maíz, ya sea, para conocer sus ventajas o desventajas en la alimentación de porcinos o para compararlas con otras dietas basadas en diferentes fuentes de proteína o energía. El Cuadro 1 contiene un resumen de los resultados obtenidos en algunos de estos trabajos desde 1964 hasta 1985 con información sobre el (los) autor (es), porcentaje de proteína utilizada, ingredientes básicos de la dieta, peso inicial y final de los animales, consumo de alimento, promedio de ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, rendimiento en canal y grueso del tocino, según está indicado en los artículos.

Los datos informados no indican una tendencia fija de aumento o disminución de consumo de alimento, según se incrementa el porcentaje de proteína en la dieta para cerdos entre 50 y 100 kg (Cuadro 1). Hanke

Cuadro 1. Comportamiento de los cerdos alimentados con dietas basadas en harina de soya y maíz durante el período de finalización, en diferentes experimentos

| Autor (es) | Proteína (%) | Peso (kg) inicial | Peso (kg) final | Consumo (c) (kg) | Ganancia (g) (kg) | Conversión (c/g) | Rend. canal (%) | Grueso to cino (cm) |
|------------------------------------|--------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Luce <u>et al.</u> , (1964) | 14,0 | 22,4 | 93,0 | 2,73 | 0,838 | 2,24 | --- | --- |
| Lee <u>et al.</u> , (1967) | 15,0 | 57,0 | 92,0 | --- | 0,730 | 3,48 | --- | 3,40 |
| Cole <u>et al.</u> , (1969) | 14,3 | 55,0 | 92,0 | 2,31 | 0,765 | 3,01 | 75,6 | --- |
| Hanke <u>et al.</u> , (1972) | 12,8 | 57,2 | 95,5 | 2,82 | 0,790 | 3,57 | --- | --- |
| Gilster <u>et al.</u> , (1973) | 14,0 | 77,0 | 113,0 | 3,23 | 0,830 | 3,90 | --- | --- |
| Stahly <u>et al.</u> , (1973) | 14,0 | 50,0 | 95,0 | 2,62 | 0,833 | 3,20 | 71,8 | 3,33 |
| Lawrence, (1973) | 16,2 | 50,0 | 90,0 | --- | 0,790 | --- | 78,6 | 2,94 |
| Veum <u>et al.</u> , (1973) | 14,0 | --- | --- | 2,77 | 0,880 | 3,15 | --- | 2,64 |
| Wahlstrom <u>et al.</u> , (1974) | 14,0 | 50,0 | 95,0 | 3,38 | 0,860 | 3,93 | --- | 3,28 |
| Stahly <u>et al.</u> , (1975) | 14,0 | 50,0 | PM ¹ | 2,27 | 0,770 | 2,98 | --- | 3,30 |
| Mc Connell <u>et al.</u> , (1975) | 14,0 | 57,0 | 101,0 | 2,96 | 0,790 | 3,75 | 75,2 | 3,55 |
| Hagsten <u>et al.</u> , (1976) | 14,0 | 55,0 | 100,0 | 2,40 | 0,790 | 3,04 | --- | --- |
| Sharda <u>et al.</u> , (1976) | 13,1 | 50,0 | PM | 2,70 | 0,677 | 4,00 | --- | --- |
| Fammatre <u>et al.</u> , (1977) | 16,0 | 53,8 | PM | 2,97 | 0,830 | 3,58 | --- | --- |
| Veum <u>et al.</u> , (1980) | 14,0 | 57,0 | 96,0 | 2,13 | 0,920 | 3,31 | --- | --- |
| Shields Jr. <u>et al.</u> , (1980) | 14,5 | 59,0 | 95,0 | 3,04 | 0,870 | 3,50 | 74,6 | 3,29 |
| Shields Jr. <u>et al.</u> , (1980) | 13,0 | 59,0 | 95,0 | 3,09 | 0,860 | 3,64 | 74,8 | 3,32 |
| Lindemann, (1983) | 13,5 | 46,0 | 102,0 | 2,61 | 0,750 | 3,50 | --- | --- |
| Crenshaw <u>et al.</u> , (1985) | 13,0 | 69,5 | 92,5 | 3,37 | 0,830 | 4,05 | --- | --- |
| Giesting <u>et al.</u> , (1985) | 14,0 | 47,5 | 82,1 | 2,16 | 0,790 | 2,73 | --- | --- |
| Hale <u>et al.</u> , (1985) | 13,5 | 62,4 | 98,3 | 2,97 | 0,920 | 3,23 | --- | 2,82 |

¹ Peso del mercado

et al., (1972) informaron un consumo de 2,82 kg al utilizar 12,8 % de proteína en la dieta, mientras que Crenshaw et al., (1985), al usar 13 % de proteína en la dieta lograron un consumo de 3,37 kg. Wahlstrom et al., (1974) al utilizar 14 % de proteína en la dieta informaron un consumo de 3,38 kg y Veum et al., (1980) al usar el mismo porcentaje de proteína, lograron un consumo de 2,13 kg. Fammatre et al., (1977) con 16 % de proteína en la dieta, obtuvieron un consumo de 2,97 kg.

Los resultados sobre ganancia diaria de peso, mencionados en el Cuadro 1, están comprendidos en un ámbito que va de 0,677 a 0,920 kg. Es importante indicar que 0,790 kg de ganancia diaria de peso es el dato que más se repitió y fue logrado con porcentajes diferentes de proteína (12,8, 14 y 16,2) en la dieta (Hanke et al., 1972 ; Lawrence, 1973; Mc Connell et al., 1975; Hagsten et al., 1976; Giesting et al., 1985).

Los datos sobre conversión alimenticia contenidos en el Cuadro 1 indican que las dietas con 14 % de proteína, basadas en harina de soya y maíz, superan a las que contienen 13, 15 y 16 % de proteína (Cole et al., 1969; Stahly et al., 1973; Veum et al., 1973; Stahly et al., 1975; Hagsten et al., 1976; Veum et al., 1980; Giesting et al., 1985). También se encuentra en el Cuadro 1 que la eficiencia de conversión se afecta cuando se utilizan dietas con 13 % de proteína. Sharda et al., (1976) y Crenshaw et al., (1985), informaron al utilizar dietas con 13 % de proteína, 4,00 y 4,05 kg de alimento/kg de ganancia de peso vivo, respectivamente.

A pesar de que los datos sobre rendimiento en canal permiten visualizar que hay una variación considerable en los resultados, aunque se u

tilice un mismo porcentaje de proteína. Así, mientras que Stahly et al., (1973) al utilizar 14 % de proteína informaron 71,8 % de rendimiento en canal, Mc Connell et al., (1975) encontraron 75,2 %, utilizando el mismo porcentaje de proteína.

El grueso de la grasa dorsal varía desde 2,82 a 3,55 cm. Es importante indicar que la mitad de los datos están entre 3,28 y 3,33 cm, con dietas que contienen entre 13 y 14,5 % de proteína (Stahly et al., 1973); Wahlstrom et al., 1974; Stahly et al., 1975; Shields Junior et al., 1980). Estos resultados no indican una tendencia definida de aumento o disminución del grueso de la grasa dorsal, con el incremento del porcentaje de proteína en la dieta.

Las dietas con base en harina de soya y maíz producen un mayor crecimiento de los cerdos, si la harina de soya aporta entre el 50 o 60 % del total de la proteína (Smith et al., 1967).

Según Clawson et al., (1963), la adecuación de una dieta con base en maíz y harina de soya, depende más del porcentaje de proteína suministrada por cada uno de los alimentos, que del porcentaje de proteína. No obstante, si las dietas contienen porcentajes de proteína que son inferiores a los recomendados, se producirán deficiencias de aminoácidos.

2.2 Efecto del porcentaje de proteína sobre el rendimiento de los cerdos en el período de finalización

La influencia del porcentaje de proteína en la dieta para cerdos en el período de finalización, ha sido objeto de múltiples investigaciones y continúa despertando interés debido al importante papel que juega dentro de la producción porcina. El mayor aprovechamiento de las dietas, la producción de mejor calidad de carne y el alto costo de los suplementos proteínicos, son razones suficientes para estimular la continua obtención de información que permita ofrecer a los animales la cantidad y calidad de proteína adecuada para lograr un rendimiento óptimo.

2.2.1 Consumo de alimento

Sugahara et al., (1969), al usar tres dietas que diferían ampliamente en su contenido proteínico, para evaluar los efectos de la proteína sobre el consumo de alimento, encontraron que al incrementar el porcentaje de proteína, disminuía el consumo de alimento por los cerdos. Además enfrentaron una modesta y persistente diarrea, que según ellos, se debió al efecto laxante de la harina de soya y al mayor consumo de agua; situación que también se les presentó a Terrill et al. (1952) y Robinson (1940). Ellos observaron una constante diarrea en los cerdos que recibían 26 % o más de proteína, la que aumentaba según se incrementaba el porcentaje de proteína. Cerdos alimentados con tres porcentajes diferentes de proteína en la dieta (11,9, 13,6 y 15,8), tuvieron mejor consumo según aumentaba la tasa de concentración de proteína en la dieta, alimentados ad libitum (Frape et al., 1970). Irvin et al., (1975), informaron que el mayor consumo de alimento se produjo

con la dieta que contenía menor cantidad de proteína (12 %), lo que según ellos, puede deberse en parte, a una compensación en el consumo de proteína.

Cuando los cerdos son alimentados con 14 % de proteína en la dieta consumen 70 % más de proteína que los alimentados con 20 % (Bereskin y Davey, 1976).

El efecto de la concentración de lisina sobre el apetito de los cerdos alimentados ad libitum, indica que la lisina (o el consumo de aminoácidos esenciales), puede tener un efecto controlador sobre el apetito (Batterham et al., 1985).

Al incrementarse el porcentaje de proteína en la dieta se produjo una respuesta curvilínea en el consumo de alimento por los cerdos (Blair et al., 1964 y Cooke et al., 1972).

2.2.2 Ganancia de peso

La cantidad de proteína requerida para un crecimiento óptimo puede ser reducida sustancialmente, cuando se mejora el balance de aminoácidos (Mertz et al., 1952). Jensen et al., (1955), mostraron que al aumentar el porcentaje de proteína de 10 a 20 %, mejoró significativamente la tasa de ganancia de peso, medida por componentes lineales y cuadráticos con máxima ganancia entre 16 y 18 % sin antibióticos y 14 % con antibióticos.

Al utilizar diferentes porcentajes de proteína en la alimentación de los cerdos, Braude et al., (1963) y Baird et al., (1975), no encontra

ron mejoramiento en la tasa de ganancia de peso. Según Pierce et al., (1972), los animales que recibieron menor porcentaje de proteína durante el período de crecimiento, tardaron de dos a tres semanas más para alcanzar el peso para el mercado, lo que es de gran significado para un productor comercial.

2.2.3 Conversión alimenticia

Tres raciones con porcentajes diferentes de proteína: 16 % con balance de aminoácidos, 16 % sin balance de aminoácidos y 12 % con balance de aminoácidos, permitieron determinar que se necesita mayor cantidad de alimento por unidad de ganancia de peso, cuando se utiliza una dieta con baja calidad de proteína (Kropt et al., 1979).

Según Bowland y Berg (1959), el porcentaje alto de proteína en la ración, sola o en combinación con alta energía, mejora la eficiencia de conversión en el período de finalización. La dieta más alta en proteína ofrecida a cerdos de 64 kg (12,9 vs. 11,2 % de proteína), llevó a un significativo mejoramiento en la conversión alimenticia (Braude et al., 1963). Baird et al., (1973) no encontraron efecto significativo sobre la conversión alimenticia al incrementar la proteína cruda en la dieta de 13 a 17 %. Tampoco Noland y Scott, (1960), Aunan et al., (1961), y Hale y Southwell, (1967), determinaron influencia del porcentaje de proteína sobre la eficiencia de conversión.

Al usar dietas con porcentajes diferentes de proteína (12, 14, 16 y 18) para engorde de cerdos, Irvin et al., (1975) encontraron que la dieta con 14 % de proteína fue la menos eficiente. La conversión alimenticia

mejoró con el incremento de la proteína de 14,6 hasta 19,3 % y tendió a decrecer en los porcentajes más altos de proteína (22,7 %), en un experimento realizado por Taverner et al., (1977).

Cuando el porcentaje de proteína cruda fue progresivamente reducida de 17,6 hasta 10 % para identificar el porcentaje de proteína en que ocurría la primera deficiencia de aminoácidos, aparte de la lisina, en cerdos de 25 a 55 kg, se encontró que la conversión alimenticia se deteriora linealmente cuando el porcentaje de proteína es inferior a 14,5, (Taylor et al., 1979).

2.2.4 Rendimiento en canal

Wagner et al., (1963) observaron una influencia significativa del porcentaje de proteína sobre el rendimiento en canal. Meade et al., (1966); Jurgens et al., (1967) y Gilster et al., (1983), al alimentar con dietas que contenían porcentajes diferentes de proteína, no encontraron efecto significativo sobre el rendimiento en canal.

Los cerdos alimentados con más bajo porcentaje de proteína (13) en el período de finalización, tuvieron un rendimiento en canal significativamente ($P < 0,05$) mayor que el obtenido por aquellos alimentados con 18 % de proteína desde el inicio hasta la finalización del crecimiento (Newell y Bowland, 1972). Lawrence, (1977^a), encontró un aumento significativo ($P < 0,01$) en el rendimiento en canal, asociado con el incremento de la proteína en la dieta.

2.2.5 Grasa dorsal

La alimentación de cerdos con 16 % de proteína produjo significativamente menor porcentaje de tocino, mayor porcentaje de cortes magros y menor cantidad de grasa intramuscular que cuando se alimentó con 12 % de proteína (Kropf et al., 1959). Davey y Morgan, (1969), informaron que cerdos alimentados con 20 % de proteína rindieron significativamente más carne magra que los alimentados con 12 %.

Dietas con bajo contenido y calidad de proteína producen canales más grasos que las que contienen adecuada cantidad y calidad de este nutrimento. Cole y Luscombe (1969^a), informaron que los porcinos alimentados en un experimento con el tratamiento más bajo en proteína, tuvieron un porcentaje mayor de grasa. Gilster y Wahlstrom (1973), encontraron un incremento del porcentaje de carne magra al alimentar cerdos con los porcentajes altos de proteína, en un ámbito de 10 a 20 %.

La canal de los cerdos alimentados con alto porcentaje de proteína, tuvieron significativamente mayor merma al congelarse, lo que puede indicar menor grasa en la canal (Baird et al., 1975).

Al usar dietas con porcentajes diferentes de proteína (12, 14, 16 y 18 %), preparadas con base en harina de soya y maíz, Irvin et al., (1975), observaron una tendencia de incremento en los cortes magros al aumentar el porcentaje de proteína en la dieta. El incremento en el porcentaje proteínico resultó en disminución del tocino y aumento de carne magra en razas puras, mientras que no afectó el tocino de los cerdos cruzados.

El incremento de la proteína dio mayor grosor del tocino, al buscar información sobre la respuesta del cerdo a dietas con amplias diferencias en la densidad nutritiva (Lawrence, 1977).

Una dieta para cerdos con alto porcentaje de proteína reduce la actividad de ciertas enzimas claves en los tejidos adiposos que están asociados con la síntesis de ácidos grasos (O'hea y Leville, 1969).

2.2.6 Digestibilidad de materia seca y proteína

La digestibilidad de la materia seca y proteína puede ser afectada por varias razones dentro de las que se destacan: el manejo y procesamiento de la materia prima utilizada en la elaboración de las dietas (Carroll et al., 1967; Noland et al., 1976; Buitrago et al., 1977; Krider, s.f.); el contenido de proteína (Luce et al., 1964; Smith et al., 1967); la raza, pues los cerdos difieren en su natural propensión a producir carne magra e indudablemente en su eficiencia para convertir la dieta proteínica en tejido proteínico (Bereskin et al., 1976; Fahmy et al., 1976); la forma física del alimento (Lucas et al., 1970; Hanke et al., 1972; Lawrence, 1977^a; Just, 1982); el sistema de alimentación ad libitum o restringida (Parker et al., 1967; Blair et al., 1969; Frappe et al., 1970; Stahly et al., 1973; Campbell et al., 1983) y el contenido de fibra. La reducción de la digestibilidad de la materia seca y de la proteína por aumento de celulosa en la dieta ha sido ampliamente estudiada (Pond et al., 1962; Brooks, 1967; Baird et al., 1975).

En resumen, se puede indicar que el incremento del porcentaje de proteína en la dieta, generalmente resulta en un mejoramiento en el comportamiento de crecimiento y calidad de la canal, mientras que un incremento en la cantidad de consumo de alimento, generalmente resulta en un mejoramiento en la tasa de ganancia diaria de peso, pero deteriora la eficiencia de conversión y calidad de la canal (Blair et al., 1969). La concentración de proteína para máximo rendimiento de carne magra es siempre más alta que la necesaria para máximo crecimiento y eficiencia de conversión (Adinger y Roberts, 1963, Cahilly et al., 1963, Hintz y Heitman, 1967, Lee Mc Bee y Honoth, 1967, Smith et al., 1967, Brown et al., 1973, Batterham et al., 1985). La mayoría de las divergencias pueden ser explicadas por los variados porcentajes de proteína probada, métodos de alimentación, otros componentes de la dieta o el potencial genético de los animales probados (Bereskin y Davey, 1978).

2.3 Efecto del sexo sobre el comportamiento de los cerdos

2.3.1 Consumo de alimento

Bowland y Berg, (1959), Brooks, (1967), Pierce et al., (1972) y Veum et al., (1973) informaron mayor consumo de alimento por los machos castrados (machos) que por las hembras. El mayor consumo de los machos hace que su canal sea más grasoso que el de las hembras (Gilster y Wahlstrom, 1973), especialmente en los pesos más altos.

Los resultados obtenidos por Batterham et al., (1985) muestran ausencia de respuestas al incremento de lisina por parte de las hembras a

alimentadas ad libitum, indicando que 7 g/kg y 5,6 g/kg fueron cantidades adecuadas de lisina para dos fases de crecimiento (20 a 50 kg y de 50 a 85 kg de peso vivo), lo que es considerablemente más bajo que los requerimientos para machos alimentados ad libitum y para ambos sexos alimentados en forma restringida. Los machos tuvieron una respuesta curvilínea a la lisina en la etapa 50 a 85 kg, dándose el mayor consumo de alimento a menores concentraciones de lisina. En las hembras de 45 kg en adelante más de 5,6 g/kg tiene un efecto depresivo en el consumo de alimento. Las tasas de crecimiento en hembras con alimentación restringida responde a la más alta concentración de lisina (10 g/kg), aunque este consumo no alcanza al de las hembras alimentadas ad libitum. Razón por la que los autores sugieren que el consumo diario de lisina (o aminoácidos esenciales) puede ser más importante que la concentración en la dieta. Esto permite variar la concentración de lisina de acuerdo al consumo de alimento.

2.3.2 Ganancia de peso

Los machos superan a las hembras en la ganancia diaria de peso vivo (Bowland y Berg, 1959; Brooks, 1967; Pierce et al., 1972; Veum et al., 1973 e Irvin et al., 1975). Wahlstrom y Libal, (1974), informaron una tasa de crecimiento entre machos y hembras de 0,90 y 0,77 kg, respectivamente.

Al alimentar verracos con dietas que variaban en su contenido proteínico de 14 a 18 %, Luce et al., (1976), encontraron que los animales tenían un incremento lineal en el promedio de ganancia diaria, según aumentaba el porcentaje de proteína en la dieta.

Taverner et al., (1977), al estudiar la relativa respuesta de verracos, machos y hembras, al incremento del consumo de proteínas, indicaron que la tasa de crecimiento se dio en el siguiente orden decreciente: verracos, hembras, machos. El porcentaje de proteína requerida para promover un comportamiento óptimo fue el mismo para verracos y hembras y menos para los machos castrados.

Una interacción entre el nivel de proteína y sexo encontraron Walkins et al., (1977), al haber una tendencia de las hembras por disminuir la diferencia de ganancia diaria de peso vivo en los porcentajes altos de proteína, con respecto a los machos. Esto indica que las hembras utilizan mejor los porcentajes altos de proteína en la dieta que los machos.

Aunque los machos tendieron a crecer más rápido y a comer un poco más que las hembras, el comportamiento de los animales no fue afectado, en una investigación hecha por Easter y Baker, (1980), al comparar dietas con baja proteína fortificada y dietas comunes basadas en harina de semilla de soya y maíz, durante las tres etapas de crecimiento.

2.3.3 Conversión alimenticia

Las hembras requieren menor cantidad de alimento por unidad de peso vivo ganado (Bowland y Berg, 1959; Brooks, 1967; Pierce et al., 1972; Veum et al., 1973 e Irvin et al., 1975). Smith et al., (1967), concordaron en que las hembras son menos tolerantes que los machos a las dietas bajas en proteína. Newell y Bowland, (1972), al comparar los efectos del sexo sobre la conversión alimenticia, informaron superioridad de los verracos sobre las hembras y machos, promediando 3,46, 3,86, 4,06

respectivamente, al ser alimentados en el período de finalización con una dieta que contenía 13 % de proteína. Resultados similares informaron Castell y Spurr (1976).

Verracos entre 55,8 y 99,6 kg alimentados con dietas que contenían 14, 16 y 18 % de proteína, tuvieron un decrecimiento cuadrático en el alimento requerido por unidad de ganancia, según se incrementó la proteína de 14 a 18 % (Luce et al., 1976).

Al incrementar el porcentaje de proteína en la dieta se obtuvo una conversión alimenticia en el siguiente orden decreciente: verracos, hembras, machos (Taverner et al., 1977).

2.3.4 Rendimiento en canal

Al alimentar machos, hembras y verracos con una dieta que contenía 13 % de proteína, se encontró que el rendimiento en canal descendió significativamente ($p < 0,01$) en este orden: machos 79,61, hembras 79,30 y verracos 75,90 % (Davies y Lucas, 1972).

El porcentaje de rendimiento en canal fue constantemente más bajo en verracos que en machos y hembras (Castell y Spurr, 1976).

Warris y Down (1985), al investigar la influencia del período de ayuno previo al sacrificio, encontraron que los machos perdieron levemente más peso según aumentaba el período y a la vez tuvieron proporcionalmente un menor rendimiento en canal (76,8 vs. 78,0), en comparación con las hembras.

2.3.5 Grasa dorsal

Menos carne magra y más grasa en la canal de los machos que en el de las hembras, encontraron Cole et al., (1968), Blair et al.., (1969) y Gilster y Wahlstrom, (1973).

Wahlstrom y Libal, (1974) informaron una diferencia significativa ($p < 0,05$) en el grueso del tocino entre machos y hembras (3,50 y 3,25 cm, respectivamente), al ser alimentados con una dieta que contenía 14 % de proteína, con base en harina de semilla de soya y maíz.

Al utilizar cuatro porcentajes diferentes de proteína (12, 14, 16 y 18), en dietas basadas en harina de semilla de soya y maíz, se encontró que las hembras promedian un porcentaje mayor de cortes magros que los machos alimentados con la misma dieta (Irvin et al., 1975).

Con diferentes cantidades de proteína en la dieta (12, 16 y 12 % suplementada con lisina), las hembras fueron significativamente ($P < 0,01$) mejores que los machos, con menos tocino, más amplia área del ojo del lomo, más altos porcentajes de cortes magros y carne magra de jamón en todas las dietas. Los machos solo excedieron ($p < 0,01$) a las hembras en ganancia de cortes magros (Bereskin y Davey, 1978).

Ausencia de diferencia significativa informó Fortin (1980), en el grueso del tocino entre sexos en animales sacrificados entre 83 y 114 kg, alimentados con maíz, cebada y soya, lo que atribuyó al limitado número de animales sacrificados en cada grupo. Este resultado es contrario a los que obtuvieron Lodge et al., (1978) y Taylor et al., (1979).

Según informe de Davirs y Pearson (1980), los machos y hembras difie

ren en la división y distribución de grasa subcutánea e intramuscular, siendo más dorsalmente en los machos y más ventralmente en las hembras. Kempster y Evans (1979) encontraron 1 % más grasa subcutánea y 4 % menos intermuscular en hembras comparadas con los machos.

2.3.6 Digestibilidad de materia seca y proteína

Una diferencia significativa encontró Wallace, (1965), entre sexos ($p < 0,05$) en la digestibilidad de la materia seca (83,4 % machos, 83,6 % hembras) y de la proteína cruda (81,7 % machos, 83,6 % hembras).

Brooks (1967) encontró una diferencia significativa entre machos y hembras en lo referente a la digestibilidad de la materia seca (83,4 y 85 %) y de la proteína (81,7 y 83,6), respectivamente.

En resumen, es de general aceptación que los machos pueden exhibir una mayor tasa de crecimiento en comparación con las hembras, que utilizan el alimento menos eficientemente y producen un canal relativamente más grasoso. En comparación con los verracos la diferencia en tasa de crecimiento es menos evidente. No obstante, los machos son inferiores en la utilización de alimentos y en la calidad de la canal. Tales generalizaciones tienden a ser válidas cuando los sexos son comparados bajo las mismas condiciones de manejo. Es posible que las diferencias de consumo diario de alimento, unido a la relativa habilidad de los verracos, machos y hembras para utilizar los nutrimentos absorbidos, pueden explicar la variabilidad de los efectos del sexo sobre los criterios de comportamiento (Castell y Strain, 1985; Patterson, 1985).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del lugar de la investigación

Este trabajo de investigación se realizó en la porqueriza "Porcina Americana S. A.", ubicada en Coris de Cartago, Costa Rica; aproximadamente a cinco km al Oeste del Parque Industrial. A una altura de 1435 msnm, con una precipitación promedio anual de 1500 mm y 19 °C de temperatura.

3.2 Procedimiento experimental

3.2.1 Animales experimentales

Un total de 640 cerdos híbridos (Duroc-Hampshire X Yorkshire-Landrace), con un peso promedio de 60,40 kg; fueron divididos en cuatro grupos experimentales de 160 animales: 80 machos castrados (machos) y 80 hembras. Cada grupo experimental se dividió a su vez en grupos de 20 cerdos por sexo y por corral. Cada corral tenía 5,53 m de largo por 3,55 m de ancho, piso de concreto ranurado y suspendido, con divisiones de malla metálica entre corrales.

El trabajo se organizó de manera tal que cada semana, en forma consecutiva, se incorporaron 160 animales al experimento: cuatro grupos de 20 animales de cada sexo, con cuatro dietas que diferían en su porcentaje de proteína, de tal forma que a las cuatro semanas se tenía en experimento el total de los cerdos. Cada grupo de 20 animales considerado como unidad experimental fue alimentado con la dieta correspondiente durante un período de 45 días (Figura 1A).

Los animales tuvieron libre acceso al agua y al alimento.

3.3 Tratamientos experimentales

Los tratamientos o raciones experimentales fueron preparadas en la planta de la empresa donde se realizó la investigación. El balance se hizo tomando en cuenta la composición química de las materias primas en lo referente a proteína, calcio y fósforo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ingredientes y porcentaje de proteína en las dietas

| Ingredientes, % | Porcentaje de proteína | | | |
|---|------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Maíz (8,7 % PC ¹) | 85,30 | 82,65 | 80,00 | 77,35 |
| Harina de soya (45,5 % PC) | 12,00 | 14,65 | 17,30 | 19,95 |
| Fosfato dicálcico (21 % P ² y 25 % Ca ³) | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
| Harina de hueso (12 % P y 24 % Ca) | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Premezcla de vitaminas | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Premezcla de minerales trazas | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Cloruro de colina (50 %) | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Sal | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| TOTAL | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

¹ = Proteína cruda

² = Fósforo

³ = Calcio

Se utilizó maíz amarillo como fuente energética y harina de soya como fuente proteínica. Las vitaminas y los minerales se suplieron de acuerdo con los requerimientos establecidos por el Consejo Nacional de Investigaciones (National Research Council, NRC, 1979). Como fuente de calcio y fósforo se usó harina de hueso y fosfato dicálcico. Como fuente de vitaminas se usó una premezcla preparada en la empresa donde se realizó el trabajo (Cuadro 3) y como fuente de minerales trazas una premezcla preparada para cerdos en engorde por los laboratorios Dawe's de Centro América S. A. (Cuadro 4). A excepción de la harina de soya y el maíz, el resto de los ingredientes se mantuvo en cantidades constantes (Cuadro 2).

Cuadro 3. Cantidad de vitaminas utilizadas en las dietas experimentales¹

| Nutrimentos | Cantidad de vitaminas por tonelada de alimento |
|--------------------------|---|
| Vitamina A | 5.000.000,00 UI |
| Vitamina D | 300.000,00 UI |
| Vitamina E | 20.000,00 UI |
| Vitamina K | 4,00 g |
| Riboflavina | 6,00 g |
| Acido pantoténico | 20,00 g |
| Niacina | 30,00 g |
| Vitamina B ₁₂ | 30,00 g |
| Acido fólico | 600,00 mg |
| Biotina | 100,00 mg |

1. La colina se agregó directamente a la dieta por su capacidad de destruir las otras vitaminas.

Cuadro 4. Cantidad de minerales trazas utilizados en las dietas experimentales

| Minerales | Cantidad de minerales (g/ton) |
|-----------|-------------------------------|
| Hierro | 100,00 |
| Zinc | 100,00 |
| Manganeso | 6,00 |
| Cobre | 10,00 |
| Iodo | 0,15 |
| Selenio | 0,15 |

3.4 Diseño experimental y análisis estadístico

Los datos experimentales fueron analizados mediante un experimento factorial 4 X 2 en arreglo combinatorio con distribución completamente al azar. A cada dieta se asignaron 40 animales compuestos por 20 machos y 20 hembras. Las diferencias significativas fueron asociadas con un mínimo de probabilidad al nivel de 5 %

Las fuentes de variación y sus respectivos grados de libertad en el análisis de varianza fueron los siguientes:

| Fuentes de variación | g.l. |
|---------------------------------|------|
| Dietas (D) | 3 |
| Sexo (S) | 1 |
| Interacción dieta X sexo (DS) | 3 |
| Error | 24 |
| Total | 31 |

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = U + S_i + D_j + (SD)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde :

- U = Media general
 S_i = Efecto del sexo
 D_j = Efecto de la dieta
 $(SD)_{ij}$ = Interacción sexo - dieta
 E_{ijk} = Error (residual)

3.5 Variables en estudio

3.5.1 Ganancia diaria de peso

La ganancia diaria de peso se determinó por la diferencia entre el peso final e inicial de los animales, dividida entre el número de días que duró el experimento.

3.5.2 Consumo de alimento

El consumo fue obtenido por el registro del alimento suministrado, menos el residuo de alimento dejado en los comederos al final del período experimental.

3.5.3 Conversión alimenticia

La conversión alimenticia se calculó dividiendo el promedio de consumo diario de alimento entre el promedio de ganancia diaria de peso, lo que permitió conocer la cantidad de alimento consumido por unidad de peso obtenida.

3.5.4 Rendimiento en canal

El rendimiento en canal se determinó por la diferencia entre el peso vivo de los animales una hora antes del sacrificio y el peso de la canal; para ello se seleccionó al azar un cerdo por corral lo que permitió tener un total de 32 animales (16 machos y 16 hembras). Se sacrificaron en la planta industrializadora que tiene la empresa donde se realizó la investigación.

3.5.5 Grueso de la grasa dorsal

El grueso de la grasa dorsal (tocino) se midió a la altura de la última costilla torácica en los 32 animales sacrificados, cuando estuvieron en canal.

3.5.6 Digestibilidad aparente de la materia seca y de la proteína

Los porcentajes de digestibilidad in vivo de la materia seca y proteína cruda fueron determinados indirectamente con óxido crómico, que se agregó a cada una de las dietas en una proporción de 0,25 kg por cada 100 kg de alimento.

El análisis de óxido de cromo se llevó a cabo según el método de Kermura y Miller (1957), citado por Bateman (1970).

Las pruebas de digestibilidad in vivo de las dietas experimentales se realizaron a los 30 días de iniciado el trabajo de investigación y tuvieron una duración de 15 días: 10 días de adaptación y 5 días de colección de muestras de heces. Participaron 32 animales (16 machos y 16 hembras).

La fórmula que se utilizó para obtener el porcentaje de digestibilidad aparente (% DA) fue la siguiente:

$$\% \text{ DA} = 100 - \left(100 \times \frac{\% \text{ indicador en alimento}}{\% \text{ indicador en heces}} \times \frac{\% \text{ nutrimento en heces}}{\% \text{ nutrimento en alimento}} \right)$$

3.6 Análisis de laboratorio y pruebas de digestibilidad

El análisis químico de ingredientes y dietas se hizo en el laboratorio del Departamento de Producción Animal del CATIE.

Durante la elaboración de las mezclas alimenticias se colectaron muestras de las dietas completas para conocer su contenido de materia seca, proteína cruda y lisina (Cuadro 5).

El método micro Kjeldahl (Bateman, 1970) se utilizó para determinar el porcentaje de proteína cruda de las dietas, las que fueron calculadas para contener 13, 14, 15 y 16 % de proteína. Al ser analizadas en el laboratorio se produjeron resultados similares.

Cuadro 5. Contenido de materia seca, proteína y lisina en las dietas

| Número de la dieta | Porcentaje | | |
|--------------------|--------------|----------|--------|
| | Materia seca | Proteína | Lisina |
| 1 | 90,56 | 13,16 | 0,62 |
| 2 | 89,72 | 14,13 | 0,64 |
| 3 | 90,74 | 15,15 | 0,67 |
| 4 | 89,02 | 16,14 | 0,68 |

3.7 Análisis económico

Se utilizó el precio de los ingredientes para obtener el precio de un kilogramo de cada una de las dietas. Este, junto con los resultados de conversión alimenticia, permitieron calcular el costo por kilogramo de peso ganado por los cerdos. La diferencia de costo por alimentación determinó el tratamiento más rentable, ya que los otros rubros de costo de producción son constantes para las cuatro dietas.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Efecto del porcentaje de proteína

4.1.1 Consumo de alimento

Hubo diferencias estadísticas para el consumo de alimento entre los porcentajes de proteína evaluados, como se observa en el Cuadro 6.

Los cerdos alimentados con 13 % de proteína consumieron significativamente ($p < 0,05$) más alimento que en los otros tratamientos (Cuadro 5).

Los grupos que consumieron la menor cantidad de alimento fueron los asignados a los niveles 15 y 16 % de proteína ($p < 0,05$). El aumento del porcentaje de proteína produjo un descenso en el consumo, estabilizándose en los porcentajes 15 y 16. El coeficiente de variación fue de 3,16 %.

El análisis de regresión de consumo de alimento sobre el porcentaje de proteína mostró un efecto lineal negativo significativo, dando origen a la siguiente ecuación (Cuadro 3A, Figura 2A):

$$Y = 3,985 - 0,05 X ; r^2 = 0,86 ; p < 0,01$$

Al aplicar la función anterior, se logra con la dieta que contiene 13 % de proteína el mayor consumo de alimento por día.

El Cuadro 1A contiene las medias de las variables en estudio, por sexo, porcentaje de proteína y sexo-proteína. En el Cuadro 5 A se incluye el total de las observaciones, las medias, las desviaciones estándares, valores mínimos y máximos para cada una de las variables en estudio.

Cuadro 6. Rendimiento de los cerdos en engorde, alimentados con cuatro porcentajes diferentes de proteína

| Variables | Porcentaje de proteína | | | |
|--|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Consumo de alimento, kg/d ¹ | 3,35 ±0,18 | 3,28 ±0,13 | 3,20 ±0,14 | 3,21 ±0,19 |
| Ganancia de peso, kg/d | 0,77 ±0,03 | 0,76 ±0,04 | 0,76 ±0,03 | 0,77 ±0,03 |
| Conversión alimenticia ¹ | 4,36 ±0,08 | 4,31 ±0,12 | 4,20 ±0,18 | 4,19 ±0,15 |
| Rendimiento en canal, % | 77,85 ±1,31 | 77,28 ±2,11 | 77,03 ±1,48 | 75,63 ±1,88 |
| Grueso grasa dorsal, cm | 2,72 ±0,46 | 2,53 ±0,57 | 2,38 ±0,58 | 2,35 ±0,56 |

1 Diferencias significativas al nivel de 0,05

El aumento del porcentaje de proteína en la dieta trajo como consecuencia disminución del consumo de alimento con significancia ($p < 0,05$). El resultado obtenido puede deberse a un equilibrio de los aminoácidos al incrementarse la harina de soya en la ración. La adecuación de una dieta con base en harina de soya y maíz depende más del porcentaje de proteína suministrada por cada uno de los alimentos que del porcentaje de proteína total (Clawson *et al.*, 1963). El mayor consumo de alimento en las dietas con menor porcentaje de proteína puede deberse a una natural inclinación del cerdo hacia una compensación proteínica (Irvin *et al.*, 1975).

El balance de aminoácidos en las dietas con porcentajes mayores de proteína, puede tener un efecto controlador sobre el apetito de los cer-

dos (Batterham et al., 1985).

4.1.2 Ganancia de peso

No se presentaron diferencias significativas entre los porcentajes de proteína suministrados a los cerdos para ganancia de peso. Hubo una ganancia ligeramente superior en los que consumieron 13 y 16 %, comparados con los que tuvieron acceso a las dietas con 14 y 15 %. Sin embargo estas no fueron significativas ($p < 0,05$).

La influencia del porcentaje de proteína sobre la ganancia de peso vivo ha dado lugar a resultados un tanto contradictorios. En esta investigación no hubo influencia significativa del porcentaje de proteína sobre la ganancia, lo que concuerda con lo informado por Baird et al., (1975), quien no encontró diferencia en la ganancia de peso al aumentar el porcentaje de proteína de 13 a 17 %, al igual que Noland y Scott, (1960), Aunan et al., (1961); Hale y Southwell, (1967) y Pierce y Bowland, (1972). Mientras que Jensen et al., (1955), manifestaron que el incremento de los porcentajes de proteína de 10 a 20 % mejora significativamente la tasa de ganancia, medida por componentes lineales y cuadráticos con máxima ganancia entre 16 y 18 % sin antibióticos y 14 % con antibióticos. Este criterio fue apoyado posteriormente por Frape et al., (1970), Fammatre et al., (1977) y Taylor et al., (1979).

4.1.3 Conversión alimenticia

Hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) para conversión alimenticia, entre los grupos de cerdos alimentados con diferente porcen

taje de proteína en la dieta.

Los animales que consumieron las dietas con 15 y 16 % de proteína, tuvieron una conversión alimenticia similar y significativamente mejor que la obtenida por los animales que consumieron 13 y 14 % de proteína. El coeficiente de variación fue de 3,03.

El estudio de regresión de conversión alimenticia sobre el porcentaje de proteína indicó un efecto negativo significativo. Al aumentar el porcentaje de proteína en la dieta disminuyó la cantidad de alimento necesario para producir una unidad de ganancia de peso. La ecuación de regresión lineal resultante fue:

$$Y = 5,17 - 0,062 X ; r^2 = 0,92 ; p < 0,01$$

Según la función anterior la menor conversión se consigue con la dieta que contiene 16 % de proteína.

Kropt et al., (1959) informaron menor crecimiento y mayor consumo por unidad de ganancia de peso con la disminución del porcentaje de proteína en la dieta. Bowland y Berg (1959) indicaron que un porcentaje alto de proteína mejora la conversión alimenticia en el período de finalización. Braude et al., (1963), no encontraron influencia del porcentaje de proteína en el crecimiento, pero informaron que la dieta más alta en proteína llevó a un significativo mejoramiento en la conversión alimenticia. A través de los años estos resultados obtenidos durante las décadas del 50 y 60 se han reiterado posteriormente, dando lugar a una clara visión de la determinante influencia que ejerce el porcentaje proteínico sobre la conversión alimenticia.

4.1.4 Rendimiento en canal

El análisis de varianza (Cuadro 2A) no mostró diferencias significativas entre los porcentajes de proteína en la dieta y el rendimiento en canal de los cerdos. No obstante, los resultados muestran que según aumentó el porcentaje de proteína descendió el rendimiento. El coeficiente de variación fue 2,34 %.

Sin embargo, el estudio de regresión del rendimiento en canal sobre el porcentaje de proteína, determinó un efecto lineal negativo significativo. Al aumentar el porcentaje de proteína, el rendimiento en canal disminuye, según lo indica la siguiente ecuación (Figura 3A):

$$Y = 86,96 - 0,69 X ; r^2 = 0,89 ; p < 0,05$$

El rendimiento en canal fue afectado negativamente por el incremento del porcentaje de proteína, lo que concuerda con lo informado por Newell y Bowland, (1972), quienes indicaron que los cerdos alimentados con el porcentaje más bajo de proteína (13) tuvieron un rendimiento mayor significativo ($p < 0,05$), que los alimentados con un porcentaje superior de proteína. Es importante agregar que en comparación, los rendimientos en canal obtenidos en este trabajo, superan a los informados en otras investigaciones con similares porcentajes de proteína y con base en harina de soya y maíz. Shields Junior et al., (1980) con 13 % de proteína en la dieta, informó 74,8 % cotejado con 77,85 % de rendimiento en canal obtenido en este trabajo. Mc Connell et al., (1975), Stahly et al., (1973) y Cole et al., (1969), con 14 % de proteína informaron 75,2, 71,8 y 75,6 % de rendimiento en canal en comparación con 77,28 % obtenido en esta investigación con ese mismo porcentaje de proteína.

4.1.5 Grueso de la grasa dorsal

No se presentaron diferencias significativas entre los porcentajes de proteína y el grueso de la grasa dorsal. Sin embargo, es importante hacer notar que según se incrementó el porcentaje de proteína en la dieta, el grueso de la grasa disminuyó en forma considerable de 2,72 cm con 13 % de proteína en la dieta a 2,37 y 2,35 cm con 15 y 16 % de proteína ingerida, respectivamente. El coeficiente de variación fue 16,07. El estudio de regresión tampoco indicó efectos significativos.

El número de observaciones pudo haber afectado los resultados obtenidos, pues hay múltiples informes que avalan la bondad del incremento del porcentaje de proteína sobre la disminución del grosor de la grasa dorsal. Entre ellos tenemos a Kropt et al., (1959); Braude et al., (1963); Cole et al., (1969^a); Blair et al., (1969) y Bereskin y Davey, (1978), quienes concordaron en que un incremento en el porcentaje de proteína influye en una disminución del grueso de la grasa dorsal. No obstante, Stahly et al., (1973) indicaron que el incremento del porcentaje de proteína de 10 a 16 % no afectó el grueso del tocino. Igualmente Kornegay et al., (1973) y Fortin, (1980), informaron ausencia de efecto sobre el grueso de la grasa al reducir el porcentaje de proteína. Irvin et al., (1975), al comparar diferentes porcentajes de proteína en cerdos puros y cruzados, informaron que el incremento del nivel de proteína resultó en una disminución del tocino e incremento de carne magra para las razas puras, mientras que no afectó el grueso del tocino de los cerdos cruzados. Lawrence, (1977), indicó que al aumentar el porcentaje de proteína, se produjo, en los cerdos, un tocino más grueso. El grosor de la grasa

dorsal es uno de los caracteres económicos de los cerdos que tienen alta heredabilidad (Warwick y Legates, 1980), lo que en este caso tiene gran significado por haberse usado animales provenientes de cuatro razas diferentes.

Otra posible explicación sobre los resultados obtenidos puede ser la mecánica de medida, ya que, en la mayoría de los informes el grueso de la grasa dorsal es una media de la medida en tres puntos diferentes, mientras que en esta investigación se tomó solo una, en la última costilla torácica.

4.2 Efecto del sexo

El Cuadro 7 contiene el rendimiento de los cerdos en las variables biológicas, por sexo. En el Cuadro 6A se incluye el total de los resultados por sexo, los promedios por sexo y promedio general para cada una de las variables en estudio.

Cuadro 7. Rendimiento de los cerdos según el sexo

| Variables | Sexo | |
|---|---------------|---------------|
| | Machos | Hembras |
| Consumo de alimento, kg x an x día ¹ | 3,380 ± 0,13 | 3,140 ± 0,09 |
| Ganancia de peso, kg x an x día ¹ | 0,785 ± 0,03 | 0,742 ± 0,02 |
| Conversión alimenticia, con/gan | 4,300 ± 0,13 | 4,230 ± 0,16 |
| Rendimiento en canal, % | 77,340 ± 1,75 | 76,560 ± 1,90 |
| Grueso de la grasa dorsal, cm ¹ | 2,860 ± 0,50 | 2,130 ± 0,24 |

¹ Diferencias significativas a nivel de 0,01

4.2.1 Consumo de alimento

El análisis de varianza indica una diferencia altamente significativa ($p < 0,01$) en el consumo de alimento entre machos y hembras. Los machos superan considerablemente a las hembras en los porcentajes de 13 y 16 % de proteína (0,29 y 0,30 kg, respectivamente). En los porcentajes de 14 y 15 % la diferencia disminuye (0,18 y 0,21 kg, respectivamente).

El efecto del sexo fue evidente en los resultados obtenidos para consumo de alimento. El hecho de que los machos tuvieran un consumo mayor que las hembras, concuerda con los datos contenidos en varios informes de investigación, como son los de Wahlstrom y Libal, (1974); Castell y Spurr, (1976); Taverner et al., (1977) y Bereskin y Daves, (1978), entre otros, quienes coinciden en que los machos superan a las hembras en consumo de alimento.

4.2.2 Ganancia de peso

Los resultados obtenidos dan lugar a una diferencia altamente significativa ($p < 0,01$) entre la ganancia de peso de los machos y la obtenida por las hembras. Los machos en todos los porcentajes de proteína superan a las hembras especialmente en los niveles 13 y 14 % (0,057 y 0,055 kg x an x día, respectivamente). En los niveles 15 y 16 % esta diferencia disminuye (0,034 y 0,027 kg x an x día, respectivamente).

Es importante hacer notar que la diferencia en ganancia de peso fue mayor en los porcentajes más bajos de proteína 13 y 14 % en comparación a la producida en los porcentajes 15 y 16 %, lo que refleja que las hem

bras son menos tolerantes que los machos a las dietas bajas en proteína (Smith et al., 1967).

El resultado obtenido concuerda con los datos informados por Bowland y Berg, (1959); Brooks, (1967); Newell y Bowland, (1972); Veum et al., (1973); Bereskin y Davey, (1978) y Easter y Baker, (1980) quienes informaron el efecto del sexo sobre la ganancia diaria de peso vivo.

La tasa de ganancia diaria de peso está altamente correlacionada con el consumo de alimento (Bereskin y Davey, 1976).

4.2.3 Conversión alimenticia

No se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la conversión alimenticia entre los machos y las hembras. Sin embargo, se hace necesario indicar que las hembras superan a los machos en conversión alimenticia.

El resultado obtenido sobre conversión alimenticia difiere con la mayoría de los datos disponibles sobre el efecto del sexo en la conversión alimenticia. Cole et al., (1968) encontraron que las hembras tienen mejor conversión alimenticia, lo que posteriormente es ratificado por Newell y Bowland, (1972); Davies y Lucas, (1972); Pierce y Bowland, (1972); Taverner et al., (1977) y Castell y Strain, (1985). Es importante indicar que en ninguna de estas investigaciones se trabajó con cerdos provenientes de cuatro razas, razón por la que se considera que hubo una influencia genética sobre los resultados obtenidos en esta investigación.

4.2.4 Rendimiento en canal

El rendimiento en canal no fue afectado por el sexo, aunque los machos superaron en todos los porcentajes a las hembras, especialmente en el de 13 %. Resultados similares informaron Greeley et al., (1964); Pierce y Bowland, (1972) y Easter y Baker, (1980). Davies y Lucas, (1972); Newell y Bowland, (1972) y Castell y Spurr, (1976) informaron diferencias significativas entre sexos.

4.2.5 Grueso de la grasa dorsal

Se presentaron diferencias significativas en el grueso de la grasa dorsal. Los machos almacenaron con alta significancia ($p < 0,01$) más grasa que las hembras. La diferencia entre los distintos porcentajes fue muy similar en un ámbito de 0,68 a 0,81 cm.

Este resultado concuerda con la mayoría de los datos obtenidos en investigaciones anteriores, que señalan una diferencia significativa y constante entre el grueso de la grasa dorsal de los machos y el de las hembras, alimentadas con el mismo porcentaje de proteína en la dieta. Cole et al., (1968), encontraron que las hembras tienen menos grueso el tocino que los machos, verificado luego por Blair et al., (1969); Gilster y Wahlstrom, (1973^a); Veum et al., (1973); Wahlstrom y Libal, (1974); Taverner et al., (1977) y Bereskin y Davey, (1978). Fortín, (1980) no encontró diferencia significativa en el grueso de la grasa dorsal entre machos y hembras.

4.3 Resultados de las pruebas de digestibilidad aparente

Los resultados obtenidos en las pruebas de digestibilidad aparente para materia seca y proteína están contenidos en los Cuadros 8 y 9.

Cuadro 8. Digestibilidad aparente de la materia seca y de la proteína cruda en cada una de las dietas

| Dieta | Digestibilidad aparente, % | |
|---------------------|----------------------------|--------------|
| | Materia seca | Proteína |
| 13,16 % de proteína | 89,06 ± 2,97 | 85,68 ± 4,30 |
| 14,13 % de proteína | 90,58 ± 2,26 | 87,42 ± 3,68 |
| 15,15 % de proteína | 91,23 ± 1,02 | 87,60 ± 2,60 |
| 16,14 % de proteína | 90,13 ± 1,03 | 86,57 ± 1,46 |

No hubo diferencias significativas.

4.3.1 Digestibilidad aparente de la materia seca

Los datos obtenidos no arrojaron efectos significativos para el porcentaje de proteína y el sexo sobre la digestibilidad aparente de la materia seca. A pesar de la falta de significancia ($p < 0,05$), puede comentarse que el mayor porcentaje de digestibilidad aparente para materia seca se dio con 15 % de proteína y el menor con 13 %. En cuanto al sexo, la hembras tuvieron un leve aumento en el porcentaje de digestibilidad en comparación con los machos.

Cuadro 9. Digestibilidad aparente de la materia seca y de la proteína cruda por sexo

| Sexo | Digestibilidad aparente, % | |
|---------|----------------------------|--------------|
| | Materia seca | Proteína |
| Machos | 89,90 ± 2,37 | 85,77 ± 3,59 |
| Hembras | 90,60 ± 1,72 | 87,87 ± 2,04 |

No hubo diferencias significativas

4.3.2 Digestibilidad aparente de la proteína

No hubo diferencias significativas en lo referente a digestibilidad aparente de la proteína entre los diferentes porcentajes de proteína en las dietas. Sin embargo, al igual que la materia seca, el mayor porcentaje de digestibilidad se dio en la dieta con 15 % de proteína y el menor en la de 13 %.

La diferencia entre sexos aunque no fue significativa ($p < 0,05$), si refleja un aumento de 2,10 % en las hembras comparadas con los machos.

A pesar de no haberse detectado diferencias significativas, es importante hacer notar que con 15 % de proteína se obtuvo una mayor digestibilidad para ambas variables y que las hembras manifestaron una pequeña superioridad sobre los machos. Los datos obtenidos son bastante altos como índice de posible asimilación de estos elementos y concuerdan con los resultados obtenidos anteriormente en otros trabajos de investigación en que usaron harina de soya y maíz como materias primas. Brooks,

(1967) informó una digestibilidad de 87,2 y 84,8 % para materia seca y proteína, respectivamente, usando una dieta con 14 % de proteína. Parker y Clawson, (1967), informaron 87,1 y 85,8 % de digestibilidad para materia seca y proteína. Lawrence, (1973) encontró 84,9 % para materia seca y 81 % para proteína en una dieta con 15,6 % de proteína. Tanskley et al., (1981), encontraron 87 % para materia seca y 89,7 % para proteína. Serra et al., (1982), informaron 90,9 % de digestibilidad para la proteína.

4.4 Interacción sexo dieta

En ninguna de las variables estudiadas hubo interacciones sexo-dieta significativas ($p < 0,05$).

4.5 Resultados económicos

El Cuadro 10 contiene el costo de la alimentación de los cerdos según el porcentaje de proteína suministrada en la dieta.

Cuadro 10. Costo de la alimentación de los cerdos con diferentes porcentajes de proteína en la dieta

| Criterio | Nivel de proteína | | | |
|----------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Costo por kg de alimento, ¢ | 10,36 | 10,61 | 10,86 | 11,11 |
| Conversión alimenticia | 4,36 | 4,31 | 4,20 | 4,19 |
| Costo por conversión alimenticia | 45,17 | 45,73 | 45,61 | 46,55 |

El valor por kg de ración se elaboró tomando en cuenta los precios de los ingredientes en el mercado a enero de 1987 (Cuadro 6A).

Con base en los resultados obtenidos para las variables biológicas la ración más eficiente económicamente es la que contenía 13 % de proteína; a pesar de que las que contenían 15 y 16 % de proteína, resultaron significativamente más eficientes en conversión alimenticia.

Al tomar en cuenta los precios de las materias primas y la eficiencia de conversión, la ración con 13 % de proteína resultó ser la más eficiente desde el punto de vista económico. Sin embargo, este resultado debe tomarse con mucha cautela. En Costa Rica, por situaciones especiales, el precio del maíz bajó considerablemente, por lo que las dietas con base en alto contenido de maíz tuvieron una sustancial rebaja en el precio. Si el cálculo se hubiera hecho con los precios del maíz a principio del año 1986, la dieta más eficiente económicamente hubiera sido otra. Con solo un diez por ciento que aumente el precio del maíz, la dieta con 14 % de proteína se convierte en la más eficiente desde el punto de vista económico; siempre y cuando los cerdos se vendan en pie, como lo hacen la mayoría de las porquerizas en Costa Rica. Con lo anterior se demuestra que el porcentaje de proteína en la dieta está sujeto principalmente a la conversión alimenticia, al precio fluctuante de las materias primas en el mercado y en cierto modo al sistema de mercadeo, porque en estos momentos no se toma en cuenta la calidad de la canal a la hora de fijar el precio.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten las siguientes conclusiones:

1. El mayor consumo de alimento se produjo con el porcentaje más bajo de proteína (13), disminuyendo significativamente ($p < 0,01$) en forma lineal según aumenta el porcentaje de proteína de 13 a 16 %.
2. No hubo diferencias significativas entre los porcentajes de proteína evaluados para ganancia diaria de peso.
3. Los cerdos en el período de finalización tuvieron una mejor conversión alimenticia cuando se les suministró en la dieta 15 o 16 % de proteína. Hubo un efecto lineal negativo del porcentaje de la proteína en la dieta sobre la conversión alimenticia.
4. Hubo un efecto lineal negativo del porcentaje de proteína en la dieta sobre el rendimiento en canal.
5. Hubo una disminución en el grueso de la grasa dorsal, sin significancia ($p < 0,05$), según aumentó el porcentaje de proteína de 13 a 16 %.
6. Los machos consumieron más alimento, ganaron peso más rápidamente y tuvieron la grasa dorsal más gruesa que las hembras.
7. Las hembras tuvieron más exigencia proteínica en la dieta que los machos.

8. Los machos tuvieron mejor rendimiento en canal al compararlos con las hembras.
9. El mayor porcentaje de digestibilidad de materia seca y de proteína se produjo con 15 % de proteína en la dieta. Las hembras tuvieron una digestibilidad aparente de proteína mayor que los machos ($p < 0,07$).
11. La ración con 13 % de proteína fue la más eficiente, en términos económicos, considerando los precios de las materia primas en el mercado costarricense, en ese momento. La eficiencia económica está sujeta a la fluctuación de los precios de las materias primas, los índices de conversión alimenticia obtenidos y las condiciones de la empresa donde se realizó la investigación.

6. RECOMENDACIONES

1. Desde el punto de vista económico, en Costa Rica, la alimentación para cerdos (machos y hembras) en engorde debe contener 13 % de proteína cruda, si está basada en harina de soya y maíz.
2. En términos biológicos, la ración con 16 % es la más eficiente para engorde de cerdos en Costa Rica.
3. El cambio en los precios de las materias primas obliga a una revisión de los porcentajes de proteína en la dieta, con base en los índices de conversión alimenticia obtenidos.
4. Es de gran beneficio hacer una investigación que permita establecer la secuencia de proteína en la dieta, desde el inicio hasta la finalización, utilizando los mismos animales durante todo el período.
5. Con el fin de beneficiar al pequeño y mediano productor de cerdos, es necesario realizar investigaciones de carácter nutricional que tomen en cuenta las condiciones ambientales y de manejo bajo las cuales se desenvuelven y los recursos alimenticios locales que les permitan abaratar los costos de producción.

7. LITERATURA CITADA

1. ALDINGER, S. M.; ROBERTS, C. Y. 1963. Effect of lysine on performance and carcass quality of swine. *Journal of Animal Science* (EE.UU) 22:845.
2. ARAYA, J. L.; PADILLA, M. 1984. Producción porcina. San José, C. R., EUNED. 340 p.
3. AUNAN, W. J.; HANSON, L. E.; MEADE, R. J. 1961. Influence of level of dietary protein and live weight gain and carcass characteristics of swine. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 20:148-153.
4. BAIRD, D. M.; Mc CAMPBELL, H. C.; ALLISON, J. R. 1975. Effect of levels of crude fiber, protein and bulk in diets for finishing hogs. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 41(4):1039-1047.
5. BALLOUN, S. 1980. Soybean meal in poultry nutrition. Ed. por Kenneth C. Lepley. Missouri, American Soybean Association. 122 p.
6. BATEMAN, J. V. 1970. Nutrición animal; manual de métodos analíticos. México, Herrero. 468 p.
7. BATTERHAM, E. S.; GILES, L. R.; DETTMANN, E. B. 1985. Amino acid and energy interactions in growing pigs. *Animal Production* (G. B.) 40:331-343.
8. BERESKIN, B.; DAVEY, R. J. 1976. Breed, line, sex and effects and interactions in swine carcass traits. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 42(1):43-51
9. _____; DAVEY, R. J. 1978. Genetic, sex and diet effects on pig carcass traits. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 46(6):1581-1591.
10. BERRY, T. H.; BECKER, D. E.; RASMUSSEN, N. O.; JENSEN, A. H.; NORTON, H. W. 1962. The limiting amino acids in soybean protein. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 21:558-561.

11. BLAIR, R.; DENT, J. B.; ENGLISH, P. R.; RAEBURN, J. R. 1964. Protein, lysine and feed intake level effects on pig growth. 1. Main effects. *Journal of Agricultural Science (G.B.)* 72:379-400.
12. _____; DENT, J. B.; ENGLISH, P. R.; RAEBURN, J. R. 1969. Protein, lysine and feed intake level effects on pig growth. 2. Effects on carcass composition and quality. *Journal of Agricultural Science (G.B.)* 73:395-415.
13. BOWLAND, J. P.; BERG, J. P. 1959. Influence of strain and sex on the relationship of protein to energy in the rations of growing and finishing bacon pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 39:102-114.
14. BRAUDE, R.; TOWNSEND, M.; JILL, G. 1963. A comparison of littermate pigs slaughtered a 200 lb and 260 lb live weight. *Journal of Agricultural Science (G.B.)* 61:209-220.
15. BROOKS, C. C. 1967. Effect of sex, fat, fiber, molasses and thyro protein on digestibility of nutrients and performance of growing swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 26:495-499.
16. BROWN, H. D.; HARMON, B. G.; JENSEN, A. H. 1973. Lysine requirements of the finishing pigs for maximum rate of gain and efficiency. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 37(3):708-712.
17. BUITRAGO, A. J.; PORTELA, E. R.; JIMENEZ, P. I. 1977. Semilla y torta (harina) de soya en alimentación de cerdos. Bogotá, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. 32 p.
18. CAHILLY JUNIOR, G. M.; MILLER, R. F.; KELLY, R. F.; BROOKS, C. C. 1963. Effect of dietary lysine on certain blood phenomena, muscle development on muscle protein biological values of growing swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 22:726-732.
19. CAMPBELL, R. G.; TAVERNER, M. R.; CURIC, D. M. 1983. Effects of feeding level from 20 to 45 kg on the performance and carcass composition of pigs grown 90 kg live weight. *Livestock Production Science (Hol.)* 10:265-272.

20. CARROLL, W. E.; KRIDER, J. L.; ANDREWS, F. N. 1967. Explotación del cerdo. Trad. por Andrés Suárez y Suárez. Zaragoza, Acribia. 475 p.
21. CASTELL, A. G.; SPURR, D. T. 1976. Effects of dietary composition on the relative performance and carcass characteristics of male and female pigs fed from 25 kg to 92 kg live weight. *Canadian Journal of Animal Science* 56:439-450.
22. _____; STRAIN, J. H. 1985. Influence of diet and sex -type (boar, castrate or gilt) on live and carcass measurements of selfed pigs from two breed lines differing in growth rates. *Canadian Journal of Animal Science* 65:185-195.
23. CLAWSON, A.J.; BARICK, E. R.; SMART JUNIOR, W. W. G. 1963. Response of pigs to graded levels of soybean meal and added lysine in ten percent protein rations. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 22:1027-1032.
24. COLE, D. J. A.; DUCKWORTH, J. E.; HOMES, W. 1968. Factors affecting voluntary feed intake in pigs. *Animal Production (G.B.)* 10(4):345-357.
25. _____; LUSCOMBE, J. R. 1969. A note on the effect of variation in crude protein level in diets for bacon pigs. *Animal Production (G.B.)* 11(4):557-560.
26. _____; CLENT, E. G.; LUSCOMBE, J. R. 1969. Single cereal diets for bacon pigs. *Animal Production (G.B.)* 11(3):325-335.
27. COMBS, G. E.; CONNESS, R. G.; BERRY, T. H.; WALLACE, H. D. 1967. Effect of raw and heated soybean on gain nutrient digestibility, plasma amino acid and other blood constituents of growing swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 26:1067-1070.
28. COOKE, R.; LODGE, G. A.; LEWIS, D. 1972. Influence of energy and protein concentration in the diet on the performance of growing pigs. 1. Response to protein intake on a high energy diet. *Animal Production (G.B.)* 14:35-46.

29. CRENSHAW, M. A.; DANIELSON, D. M. 1985. Raw soybeans for growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 60(3):725-730.
30. DAVEY, R. J.; MORGAN, D. P. 1969. Protein effect on growth and carcass composition of swine selected for high and low fatness. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 28:831-836.
31. DAVIES, J. L.; LUCAS, I. A. M. 1972. Responses to variations in dietary energy intakes by growing pigs. *Animal Production* (G. B.) 15:127-137.
32. DAVIRS, A. S.; PEARSON, G.; CARR, J. R. 1980. The carcass composition of male, castrated male and female pigs resulting from two levels of feeding. *Journal of Agricultural Science* (G.B.) 95: 251-259.
33. DELORT LAVAL, J.; CHARLET LERRY, G. 1971. Heat treatment and quality of soybean protein. 5. Biological value of N balance method in the growing pig. *Annales Zootechnie* (Francia) 20:53.
34. EASTER, R. A.; BAKER, D. H. 1980. Lysine and protein levels in corn-soybean meal diets for growing-finishing swine. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 50(3):467-471.
35. FAHMY, M. H.; HOLTSMANN, W. B.; MacINTYRE, T. M. 1976. Evaluation of performance at slaughter of twenty combinations of three breed crosses of pigs. *Animal Production* (G.B.) 23:95-102.
36. FAMIATRE, C. A.; MAHAN, D. C.; FETTER, A. W.; GRIFO JUNIOR, A. P. ; JUDY, J. K. 1977. Effects of dietary protein, calcium and phosphorus levels for growing and finishing swine. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 44(1):65-71.
37. FORTIN, A. 1980. The effect of slaughter weight on the carcass characteristics of yorkshires barrows and gilts. *Canadian Journal of Animal Science* 60:265-274.
38. FRAPE D. L.; WILKINSON, J.; CHUBB, L. G. 1970. A growth and economic comparison of two crosses of pigs when fed ad libitum and to a scale and slaughtered at two weights. *Animal production* (G.B.) 12:307-322.

39. GIESTING, D. W.; EASTER, R. A. 1985. Response of starter pigs to supplementation of corn-soybean meal diets with organic acids. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 60(5):1288-1294.
40. GILSTER, K. E.; WAHLSTRON, R. C. 1973. Protein levels for swine fed to heavy weights. 1. Effects on gain and feed efficiency. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 36(5):883-887.
41. _____; WAHLSTROM, R. C. 1973. Protein levels for swine fed to heavy weights. 2. Effects on quantitative and qualitative carcass characteristics. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 36(5):888-893.
42. GRELEY, M. G.; MEADE, R. J.; HANSON, L. E.; NORDSTROM, J. 1964. Energy and protein intakes by growing swine. 2. Effects on rate and efficiency of gain and on carcass characteristics. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 23:816-822.
43. GREER, S. A. N.; HAYS, V. W.; SPEER, V. C.; McCALL, J. T.; HAMMOND, E. G. 1965. Effects of level corn and barley base diets on performance and body composition of swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 24:1008-1013.
44. HAGSTEN, I.; CLINE, T. R.; PERRY, T. W.; PLUMLEE, M. P. 1976. Salt supplementation of corn-soy diets for swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 42(1):12-45.
45. HALE, O. M.; SOUTHWELL, B. L. 1967. Differences in swine performance and carcass characteristics because of dietary protein level, sex and breed. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 26:341-344.
46. _____; UTLEY, P. R. 1985. Value of beagle 82 triticale as a substitute for corn and soybean meal in the diet of pigs. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 60(5):1272-1279.
47. HANKE, H. E.; RUST, J. W.; MEADE, R. J.; HANSON, L. E. 1972. Influence of source of soybean protein, and of pelleting, on rate of gain and gain/feed of growing swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 35(5):958-961.

48. HINTZ, H. F.; HEITMAN JUNIOR, H. 1967. Amino acid and vitamin su pplementation of barley-cottonseed meal diets for growing-fini shing swine. Journal of Animal Science (EE.UU.) 26:474-478.
49. IRVIN, K. M.; SWINGER, L. A.; MAHAN, B. C. 1975. Influence of dietary protein level on swine with different growth capabili ties. Journal of Animal Science (EE.UU.) 41(4):1031-1038.
50. JENSEN, A. H.; ACKER, D. C.; MADOCK, H. M.; ASHTON, G. C.; HORME YER, P. G.; HEADY, E. O.; CATRON, D. V. 1955. Different pro tein levels with and without antibiotics for growing-finishing swine: effect on growth rate and efficiency. Journal of Ani mal Science (EE.UU.) 14:69-81.
51. JURGENS, M. H.; HUDMAN, D. B.; ADAMS, C. H.; PEO JUNIOR, E. R. 1967. Influence of a dietary supplement of lysine fed a two levels of protein on growth, feed efficiency and carcass cha racteristics of swine. Journal of Animal Science (EE.UU.) 26: 323-327.
52. JUST, A. 1982. The net energy value of crude (catabolized) pro tein for growth in pigs. Livestock Production Science (Hol.) 9:349-360.
53. KEMPSTER, A. J.; EVANS, D. G. 1979. The effects of genotype, sex and feeding regimen on pig carcass development. 2. Tissue weight distribution and fat partition between the pots. Jour nal of Agricultural Science (G.B.) 93:349-358.
54. KORNEGAY, E. T.; THOMAS, H. R.; CARTER, J. H. 1973. Evaluation of dietary protein levels for well-muscled hogs. Journal of A nimal Science (EE.UU.) 36(1):79-85.
55. KRIDER, J. L. s.f. Comparación del uso de la pasta de soya con o tras fuentes de proteína en la alimentación porcina. American Soybean Association (EE.UU.) s.p.
56. KROPF, D. H.; BRAY, R. W.; PHILLIPS, P. H.; GRUMMER, R. H.; 1959. Effect of protein level and quality in swine rations upon growth and carcass development. Journal of Animal Science (EE.UU.) 18:755-762.

57. LAWRENCE, T. L. J. 1973. An evaluation of the micronization process for preparing cereals for the growing pig. 1. Effects on digestibility and nitrogen retention. *Animal Production (G.B.)* 16:99-107.
58. _____. 1977. Some effects on the growth and composition of the carcass of the bacon pig of feeding micronized or ground maize or barley based diets to give three different digestible energy intakes. *Livestock Production Science (Hol.)* 4:343-353.
59. _____. 1977^a. The effect of dietary nutrient density on growth in the pig. *Animal Production (G.B.)* 25:261-269.
60. LEE, C.; McBEE JUNIOR, J. L.; HORVATH, D. J. 1967. Dietary protein level and swine carcass traits. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 26:490-493.
61. LINDEMANN, M. D.; MEADE, R. J.; CORNELIVS, S.G.; HANKE, H. E. 1983. Evaluation of high protein oats as a replacement for corn in diets fed to growing-finishing swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 56(4):853-857.
62. LODGE, G. A.; LISTER, D.; WOOD, J. D.; WOLYNETZ, M. S. 1978. Age, weight or total feed intake as bases for the performance testing of growing pigs. *Animal Production (G.B.)* 27:345-354.
63. LUCAS, A. M.; MILES, K. L. 1970. Comparison of protein concentrations in diets given unchanged to pigs from 18 to 93 kg live weight. *Animal Production (G.B.)* 12:403-412.
64. LUCE, W. G.; PEO JUNIOR, E. R.; HUDMAN, D. B. 1964. Effect of amino acid supplementation of rations containing meat and bone scraps on rate of gain, feed conversion and digestibility of certain ration components for growing-finishing swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 23:521-527.
65. _____; JOHNSON, R. K.; WALTERS, L. E. 1976. Effects levels of crude protein on performance of growing boars. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 42(5):1207-1210.

66. McCONNELL, J. C.; SKELLEY, G. C.; HANDLIN, D. L.; JOHNSTON, W. E. 1975. Corn, wheat, milo and barley with soybean meal or roasted soybeans and their effect on feedlot performance of carcass traits and pork acceptability. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 41(4):1021-1030.
67. MEADE, R. J.; DUKELOW, W. J.; GRANT, R. S. 1966. Lysine and methionine additions to corn-soybean meal diets for growing swine: effects on rate and efficiency of gain and carcass characteristics. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 25:78-82.
68. MERTZ, E. T.; BEESON, W. M.; JACKSON, H. D. 1952. Classification of essential amino acids for the weaning pig. *Archives of Biochemistry and Biophysics* (EE.UU.) 38:121-128.
69. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1979. Nutrient requirements of domestic animals. 2. Nutrient requirements of swine. 8 ed. National Academy of Sciences (Washington). 52 p.
70. NEWELL, J. A.; BOWLAND, J. P. 1972. Performance, carcass composition and fat composition of boars, gilts and barrows fed two levels of protein. *Canadian Journal of Animal Science* 52:543-551.
71. NOLAND, P. R.; SCOTT, K. W. 1960. Effect of varying protein and energy intake on growth and carcass quality of swine. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 19:67-74.
72. _____; CAMPBELL, D. R.; GAGE JUNIOR, R. K.; SHARP, R. N.; JOHNSON, Z. B. 1976. Evaluation of processed soybeans and grains in diets for young pigs. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 43(4):763-769.
73. O'HEA, E. K.; LEVEILLE, G. A. 1969. Lipogenesis and enzymatic activity of pig adipose tissue as influenced by dietary protein and fat (Sumario). *Federation Proceedings* (EE.UU.) 28:687.
74. OWEN, J. B.; MORTON, J. R. 1969. The association of food conversion ratio, age at slaughterer and carcass quality in pigs fed ad libitum. *Animal Production* (G.B.) 11(3):317-324.

75. PARKER, J. W.; CLAWSON, A. J. 1967. Influence of level of total feed intake on digestibility, rate of passage and energetic efficiency of reproduction in swine. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 26:485-489.
76. PATTERSON, D. C. 1985. A note on the effect of individual penning on the performance of fattening pigs. *Animal Production* (G.B.) 40:185-188.
77. PIERCE, A. B.; BOWLAND, J. P. 1972. Protein and amino acid levels and sequence in swine diets: effects on gain, feed conversion and carcass characteristics. *Canadian Journal of Animal Science* 52:531-541.
78. PINHEIRO MACHADO, L.C. 1973. Los cerdos. Trad. por Carlos M. Vitites. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 528 p.
79. POND, W. G.; LOWREY, R. S.; MANER, J. H. 1962. Effect of fiber level on ration digestibility and performance in growing-finishing swine. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 21:692-696.
80. _____; MANER, J. H. 1976. Producción de cerdos en climas templados y tropicales. Trad. por Pedro Lucar Maluenda. Zaragoza, Acribia. 589 p.
81. ROBINSON, W. L. 1940. Effects of high protein on pigs. *American Society of Animal Production*. 149 p.
82. RUDOLPH, B. C.; BOGGS, L. S.; KNABE, D. A.; TANKSLEY JUNIOR, T. D.; ANDERSON, S. A. 1983. Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean products for pigs. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 57(2):373-386.
83. SEERLEY, R. W.; POLEY, G. E.; WAHLSTROM, R. C. 1967. Energy and protein relationship studies with growing - finishing swine. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 26:1016-1021.
84. SERRA, P. M. A. A.; OLIVEIRA, O. E. R.; FERNANDEZ, T. H. 1982. A note on the use of sorghum as a substitute for maize in a diet for growing pigs. *Animal Production* (EE.UU.) 35:443-445.

85. SHARDE, D. P.; MAHAN, D. C.; WILSON, R. F. 1976. Limiting amino acids in low-protein corn-soybean meal diets for growing-finishing swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 42(5): 1175-1181.
86. SHIELDS JUNIOR, R. G.; MAHAN, D. C. 1980. Effect of protein sequences on performance and carcass characteristics of growing-finishing swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 51(6): 1340-1346.
87. SMITH JUNIOR, J.; CLAWSON, A. L.; BARRICK, E. R. 1967. Effect of ratio of protein from corn and soybean meal in diets of varying total protein on performance, carcass desirability and diet digestibility in swine. *Journal of Animal Science (EEUU)* 26:752-758.
88. STAHLY, T. S.; WAHLSTROM, R. C. 1973. Effects of dietary protein level and feed restriction on performance and carcass characteristics of swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 36(6): 1109-1113.
89. _____; WAHLSTRON, R. C. 1975. Protein and age on performance, carcass traits and digestibility in swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 32:1110.
90. SUGAHARA, M.; BARKER, D. H.; JENSEN, A. H. 1969. Effect of excess levels of dietary crude protein on carcass development in swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 29:598-601.
91. TANSKLEY JUNIOR, T. D.; BAKER, D. H. s.f. Proteínas y aminoácidos para cerdos. SOYA, Asociación Americana de Soya (Méx.). s. p.
92. TAVERNER, M. R. 1975. Sweet lupin seed meal as a protein source for growing pigs. *Animal Production (G.B.)* 20:413-419.
93. _____; CAMPBELL, R. G.; KING, R. H. 1977. The relative protein and energy requirements of boars, gilts and barrows. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry (Australia)* 17:575-580.

94. TAYLOR, A. J.; COLE, D. J. A.; LEWIS, D. 1979. Amino acid requirements of growing pigs. *Animal Production (G.B.)* 29:327-338.
95. TERRILL, S. W.; WARDEN, W. K.; BECKER, D. E.; BEAMBER, P. B. 1952. The effect of feeding a high level of crude protein in the dry-lot ration of fattening hogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association (EE.UU.)* 120:304.
96. VANDERGRUFF, W. L. s. f. Avances e información sobre cerdos: las soyas como alimento de cerdos. *Asociación Americana de Soya (Méx.)*. Boletín no. 49. 5 p.
97. VEUM, T. L.; PFANDER, W. H.; BELLAMY, C. G.; HEDRICK, H. B. 1973. Opaque 2 and Normal corn as amino acid sources for barrows and gilts. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 36(5):877-882.
98. _____; LAUXEN, R.; YEN, J. T. 1980. Efficacy of feed additives in enhancing performance of growing pigs. *Animal Production (G.B.)* 30:95-103.
99. WAGNER, G. R.; CLARK, A. J.; HAYS, V. W.; SPEER, V. C. 1963. Effect of protein energy relationship on the performance and carcass quality of growing swine. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 22:202-208.
100. WAHLSTROM, R. C.; LIBAL, G. M. 1974. Gain efficiency and carcass characteristics of swine fed supplemental lysine and methionine in corn-soybean meal during the growing and finishing periods. *Journal of Animal Science (EE.UU.)* 38(6):1261-1265.
101. WALLACE, H. D. 1965. Dietary protein level, feed restriction and sex influences on the feed lot performance and carcass characteristics on finishing swine. *Feedstuffs (EE.UU.)* 37:18
102. WARRIS, P. D.; DOWN, N. F. 1985. Bacon yield from fasted pigs. *Animal Production (G.B.)* 40:143-151.
103. WARWICK, E. J.; LEGATES, J. E. 1980. Cría y mejora del ganado. Trad. por Ramón Elizondo Leal. México, D. F., Mc Graw-Hill. 623 p.

104. WATKINS, L. E.; SWINGER, L. A.; MAHAN, D. C. 1977. Effects and interactions of breed group, sex and protein level on performance of swine. Journal of Animal Science (EE.UU.) 45(1):24-29.

8. APENDICE

Cuadro 1A. Medias obtenidas para todas las variables en estudio por sexo, nivel de proteína y sexo-proteína

| Sexo | Proteína | N | Consumo kg | Ganancia kg | Conversión cons/gan. | Reprod. canal % | Grasa cm | Digprot. % | Digma. % |
|------|----------|----|---------------|----------------|-------------------------|--------------------|-------------|---------------|-------------|
| H | — | 16 | 3,136 | 0,742 | 4,226 | 76,560 | 2,126 | 87,867 | 90,603 |
| M | — | 16 | 3,380 | 0,785 | 4,305 | 77,337 | 2,865 | 85,766 | 89,901 |
| — | 13 | 8 | 3,345 | 0,766 | 4,361 | 77,852 | 2,725 | 85,681 | 89,065 |
| — | 14 | 8 | 3,285 | 0,762 | 4,311 | 77,276 | 2,530 | 87,416 | 90,588 |
| — | 15 | 8 | 3,196 | 0,761 | 4,201 | 77,035 | 2,378 | 87,601 | 91,231 |
| — | 16 | 8 | 3,207 | 0,765 | 4,190 | 75,631 | 2,350 | 86,570 | 90,126 |
| H | 13 | 4 | 3,200 | 0,738 | 4,332 | 77,305 | 2,320 | 86,472 | 89,055 |
| H | 14 | 4 | 3,195 | 0,735 | 4,347 | 77,077 | 2,180 | 88,862 | 91,517 |
| H | 15 | 4 | 3,090 | 0,744 | 4,155 | 76,612 | 2,035 | 88,907 | 91,790 |
| H | 16 | 4 | 3,060 | 0,752 | 4,070 | 75,245 | 1,970 | 87,227 | 90,052 |
| M | 13 | 4 | 3,490 | 0,794 | 4,390 | 78,400 | 3,130 | 84,890 | 89,075 |
| M | 14 | 4 | 3,375 | 0,789 | 4,275 | 77,475 | 2,880 | 85,970 | 89,660 |
| M | 15 | 4 | 3,302 | 0,778 | 4,247 | 77,457 | 2,722 | 86,295 | 90,672 |
| M | 16 | 4 | 3,355 | 0,778 | 4,310 | 76,017 | 2,730 | 85,912 | 90,200 |

N = observaciones H = hembras M = machos Digprot. = digestibilidad proteína Digma. = digestibilidad materia seca.

Guadro 2A. Suma de cuadrados para consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento en canal, grueso grasa dorsal, digestibilidad de la materia seca (Digms.) y proteína (Digprot.)

| Fuentes de variación | G L | Consumo kg | Ganancia kg | Conversión cons/gan. | Rend. canal % | Grasa cm | Digms. % | Digprot. % |
|----------------------|-----|---------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Sexo | 1 | 0,478 ⁺⁺ | 0,015 ⁺⁺ | 0,050 ^{ns} | 4,836 ^{ns} | 4,373 ⁺⁺ | 3,941 ^{ns} | 35,301 ^{ns} |
| Proteína | 3 | 0,117 ⁺ | 0,000 ^{ns} | 0,169 ⁺ | 21,338 ^{ns} | 0,709 ^{ns} | 19,977 ^{ns} | 18,601 ^{ns} |
| Sexo X proteína | 3 | 0,020 ^{ns} | 0,001 ^{ns} | 0,099 ^{ns} | 0,500 ^{ns} | 0,019 ^{ns} | 5,502 ^{ns} | 3,549 ^{ns} |
| Error | 24 | 0,255 | 0,014 | 0,402 | 77,984 | 3,861 | 102,841 | 234,042 |
| TOTAL | 31 | 0,869 | 0,030 | 0,720 | 104,658 | 8,963 | 132,260 | 291,493 |

+ , ++ significativa al nivel de 0,05 y 0,01, respectivamente.

Cuadro 3A. Suma de cuadrados del análisis de regresión para consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento en canal, grueso de la grasa dorsal, digestibilidad de la materia seca (Digma.) y de la proteína (Digprot.) sobre el porcentaje de la proteína en la dieta.

| Puentes de variación | G L | Consumo | Ganancia | Conversión | Rendimiento | Grasa dorsal | Digma | Digprot |
|----------------------|-----|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Sexo | 1 | 0,478 ⁺ | 0,015 ⁺ | 0,050 ^{ns} | 4,636 ^{ns} | 4,373 ⁺ | 3,941 ^{ns} | 35,301 ^{ns} |
| Proteína | 3 | 0,117 ⁺ | 0,000 ^{ns} | 0,169 ⁺ | 21,338 ^{ns} | 0,709 ^{ns} | 19,977 ^{ns} | 18,601 ^{ns} |
| Lineal | 1 | 0,101 ⁺⁺ | 0,000 ^{ns} | 0,156 ⁺⁺ | 19,072 ⁺ | 0,652 ^{ns} | 3,941 ^{ns} | 3,252 ^{ns} |
| Cuadrática | 1 | 0,010 ^{ns} | 0,000 ^{ns} | 0,003 ^{ns} | 1,370 ^{ns} | 0,055 ^{ns} | 5,856 ^{ns} | 15,304 ^{ns} |
| Cúbica | 1 | 0,006 ^{ns} | 0,000 ^{ns} | 0,010 ^{ns} | 0,897 ^{ns} | 0,002 ^{ns} | 13,821 ^{ns} | 0,044 ^{ns} |
| Sexo X proteína | 3 | 0,020 ^{ns} | 0,001 ^{ns} | 0,099 ^{ns} | 0,500 ^{ns} | 0,015 ^{ns} | 5,502 ^{ns} | 3,549 ^{ns} |
| Error | 24 | 0,255 | 0,014 | 0,402 | 77,904 | 3,861 | 102,841 | 234,042 |
| Total | 31 | 0,869 | 0,030 | 0,720 | 104,658 | 8,963 | 132,260 | 291,493 |

+ , + + Significativa al nivel de 0,05 y 0,01, respectivamente

Cuadro 4A Costo de las materias primas utilizadas en la formulación de las dietas

| Ingredientes | Precio (¢ x kg) |
|------------------------|-----------------|
| Maíz | 8,76 |
| Harina de soya | 18,21 |
| Fosfato dicálcico | 28,00 |
| Harina de hueso | 10,85 |
| Premezcla de vitaminas | 56,79 |
| Premezcla de minerales | 27,88 |
| Sal | 4,50 |
| Cloruro de colina | 67,00 |

Cuadro 5A Número de observaciones (N), medias (M), desviaciones estándares (DE), valores mínimos (Mín) y máximos (Máx) para cada una de las variables en estudio.

| Variable | N | M | DE | Mín | Max |
|---------------------------|----|--------|-------|--------|--------|
| Consumo de alimento | 32 | 3,258 | 0,167 | 3,010 | 3,610 |
| Ganancia de peso | 32 | 0,764 | 0,031 | 0,715 | 0,818 |
| Conversión alimenticia | 32 | 4,266 | 0.152 | 3,950 | 4,510 |
| Rendimiento en canal | 32 | 76,949 | 1,837 | 73,560 | 80,200 |
| Grueso de la grasa dorsal | 32 | 2,496 | 0,538 | 1,780 | 3,810 |
| Digestibilidad proteína | 32 | 86,617 | 3,066 | 77,320 | 90,560 |
| Digest. materia seca | 32 | 90,253 | 2,066 | 83,590 | 93,010 |

Cuadro 6A. Resultados de las observaciones por sexo y nivel de proteína para cada una de las variables en estudio

| Variable | Sexo | Porcentaje de proteína en la dieta | | | | | \bar{x} | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 13 | 14 | 15 | 16 | Sexo General | | | | | | | | | | | | |
| Consumo alimento, Machos | | 3,56 | 3,61 | 3,40 | 3,37 | 3,30 | 3,50 | 3,41 | 3,29 | 3,48 | 3,16 | 3,29 | 3,45 | 3,28 | 3,18 | 3,51 | 3,38 | |
| kg x an x dfa | Hembras | 3,16 | 3,24 | 3,12 | 3,28 | 3,15 | 3,24 | 3,30 | 3,09 | 3,14 | 3,06 | 3,10 | 3,06 | 3,14 | 3,08 | 3,01 | 3,01 | 3,14 |
| Manancia peso, | Machos | 0,815 | 0,806 | 0,777 | 0,781 | 0,765 | 0,815 | 0,818 | 0,760 | 0,775 | 0,815 | 0,781 | 0,743 | 0,810 | 0,760 | 0,745 | 0,800 | 0,78 |
| kg x an x dfa | Hembras | 0,724 | 0,751 | 0,740 | 0,738 | 0,743 | 0,725 | 0,731 | 0,741 | 0,735 | 0,729 | 0,751 | 0,762 | 0,795 | 0,760 | 0,715 | 0,739 | 0,74 |
| Conversión alimento | Machos | 4,39 | 4,48 | 4,38 | 4,31 | 4,31 | 4,29 | 4,17 | 4,33 | 4,49 | 4,02 | 4,05 | 4,43 | 4,26 | 4,32 | 4,27 | 4,39 | 4,30 |
| tiempo, con/gan. | Hembras | 4,36 | 4,31 | 4,22 | 4,44 | 4,24 | 4,47 | 4,51 | 4,17 | 4,27 | 4,20 | 4,13 | 4,02 | 3,95 | 4,05 | 4,21 | 4,07 | 4,23 |
| Rendimiento en | Machos | 79,46 | 77,77 | 78,07 | 78,30 | 78,65 | 77,32 | 79,28 | 74,45 | 77,39 | 78,10 | 78,81 | 75,53 | 78,10 | 75,27 | 73,56 | 77,14 | 77,34 |
| canal, % | Hembras | 78,10 | 76,34 | 75,61 | 79,17 | 75,00 | 77,53 | 75,58 | 80,20 | 76,47 | 74,44 | 78,31 | 77,23 | 74,51 | 74,53 | 78,13 | 73,81 | 76,93 |
| Grueso de grasa, | Machos | 3,30 | 3,03 | 2,89 | 3,30 | 3,01 | 2,79 | 2,41 | 2,51 | 2,79 | 3,52 | 2,29 | 2,29 | 3,05 | 2,03 | 3,30 | 2,54 | 2,86 |
| cm | Hembras | 2,54 | 2,29 | 2,16 | 2,29 | 2,06 | 2,29 | 2,13 | 2,24 | 1,79 | 2,03 | 2,54 | 1,78 | 1,78 | 2,04 | 2,03 | 2,03 | 2,13 |
| Digestibilidad | Machos | 86,04 | 89,64 | 77,32 | 83,76 | 78,48 | 87,57 | 89,09 | 88,74 | 84,85 | 88,74 | 86,88 | 84,71 | 84,17 | 85,94 | 87,46 | 86,08 | 85,77 |
| proteína, % | Hembras | 81,38 | 87,40 | 88,37 | 88,14 | 89,42 | 88,03 | 88,31 | 89,69 | 86,89 | 87,98 | 90,20 | 90,56 | 88,05 | 85,30 | 87,04 | 88,52 | 87,87 |
| Digestibilidad | Machos | 92,15 | 91,87 | 83,59 | 88,69 | 85,21 | 90,61 | 91,45 | 91,37 | 90,58 | 91,52 | 90,73 | 89,86 | 90,01 | 89,17 | 91,40 | 90,22 | 89,90 |
| materia seca, % | Hembras | 85,84 | 89,58 | 90,46 | 90,34 | 91,95 | 90,56 | 91,14 | 92,42 | 90,43 | 91,77 | 91,95 | 93,01 | 91,48 | 88,68 | 89,32 | 90,73 | 90,50 |

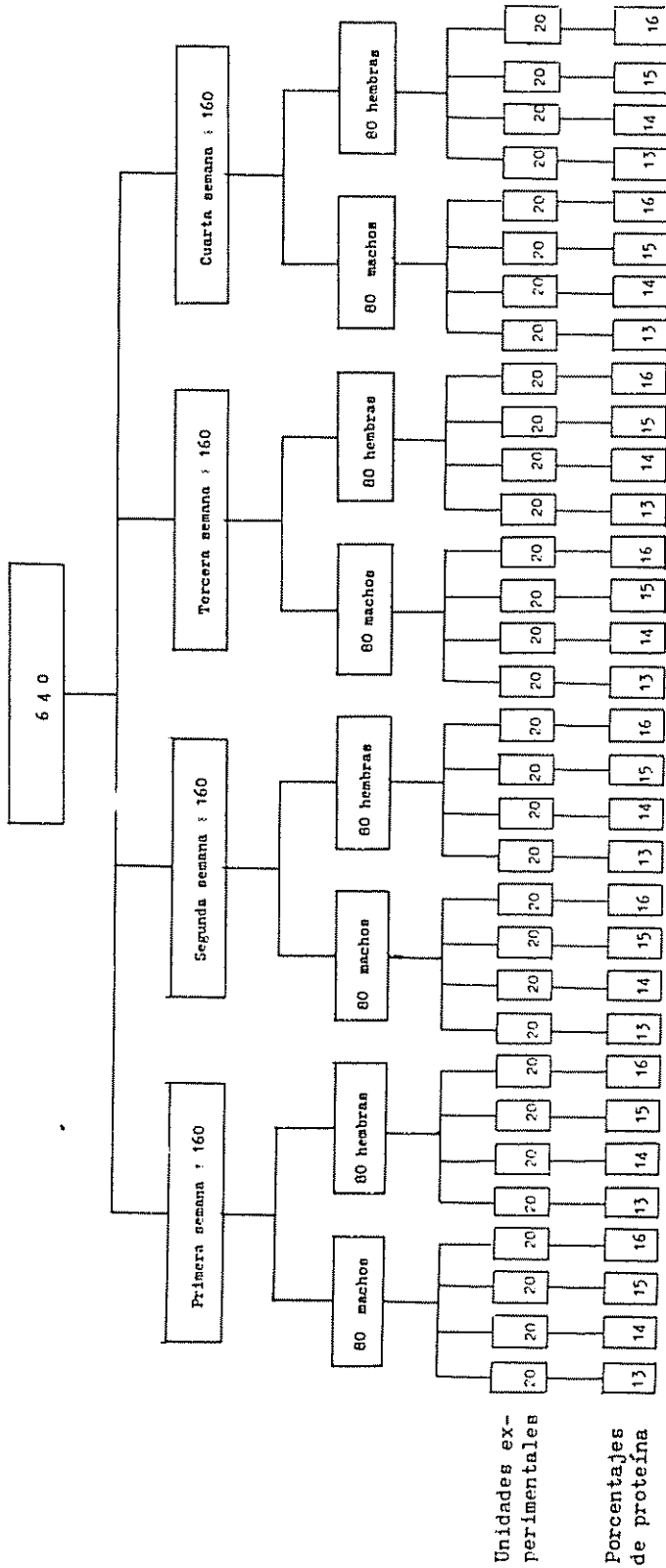


Figura 1A. Distribución de los cerdos por semana, unidades experimentales y porcentajes de proteína

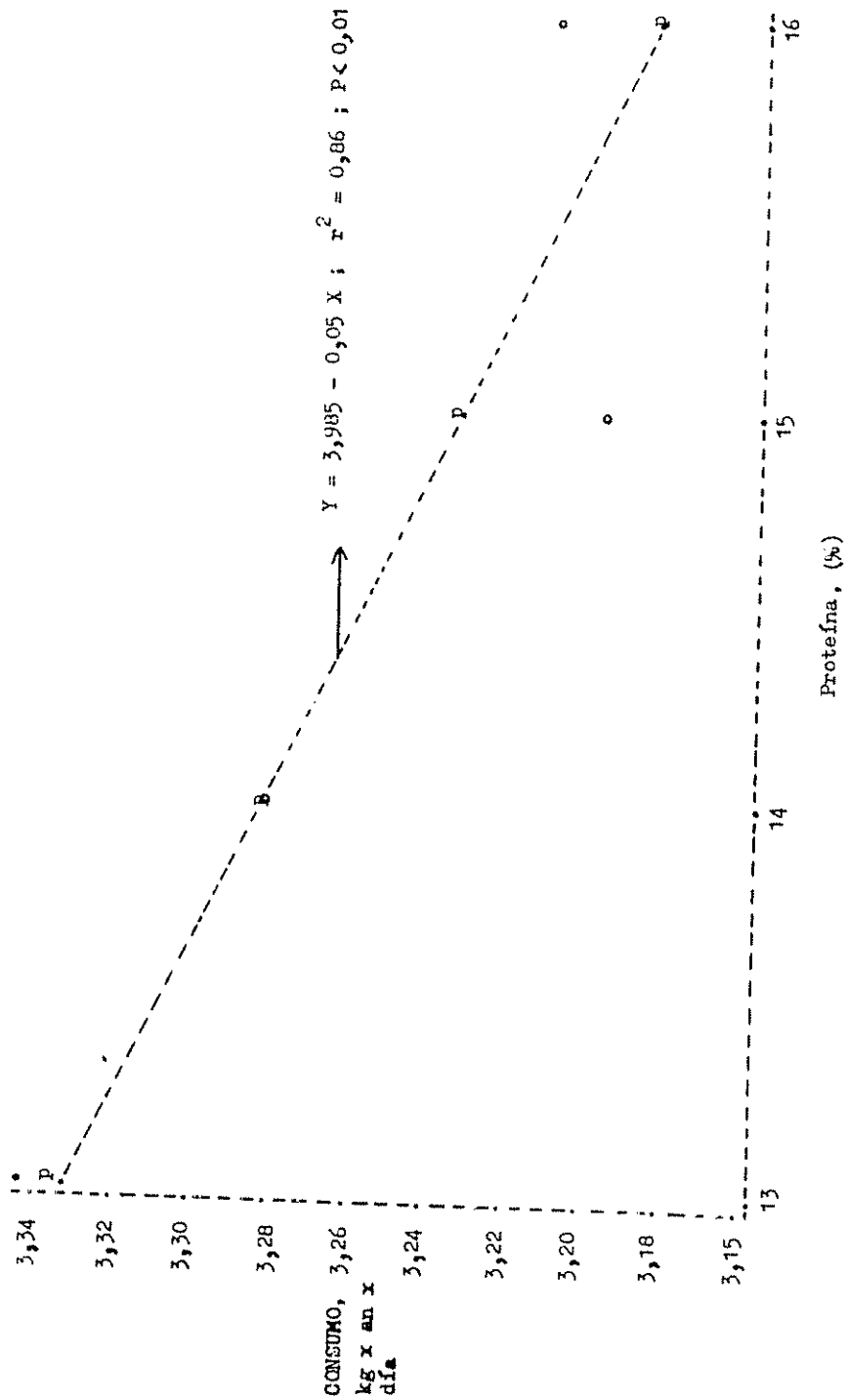


Figura 2A. Influencia del porcentaje de protefina sobre el consumo de alimento

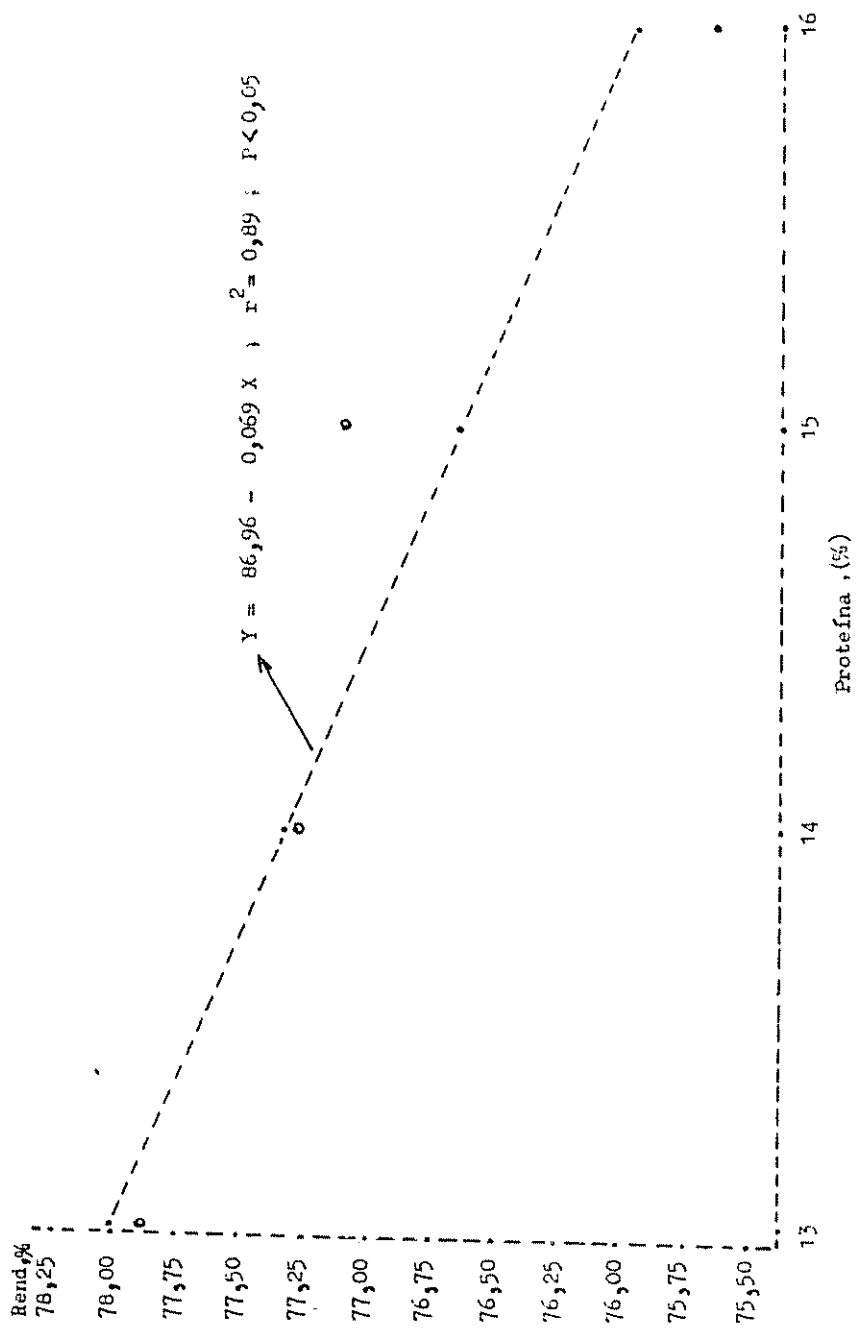


Figura 3A. Influencia del porcentaje de proteína sobre el rendimiento en canal