

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**VARIACION DE LA COMPOSICION NUTRITIVA
DE LOS INGREDIENTES DE LA DIETA Y SU
EFECTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO
PRODUCTIVO DE CERDOS EN
CRECIMIENTO**

Por

MANUEL ISMAEL MATA ESCOBEDO

Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS PECUARIAS
con Especialidad en Nutrición Animal

Diciembre, 1998

TD
SF396
.M6
M37
c.1



1080110331

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



VARIACION DE LA COMPOSICION NUTRITIVA
DE LOS INGREDIENTES DE LA DIETA Y SU
EFECTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO
PRODUCTIVO DE CERDOS EN
CRECIMIENTO

Por

MANUEL ISMAEL MATA ESCOBEDO

Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS PECUARIAS
con Especialidad en Nutrición Animal

Diciembre, 1998

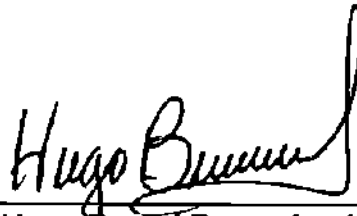


TD
SF396
.M6
M37
C.1

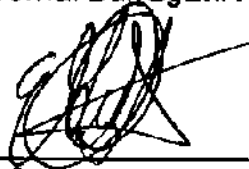


**VARIACIÓN DE LA COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE LOS INGREDIENTES DE
LA DIETA Y SU EFECTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE
CERDOS EN CRECIMIENTO**

Aprobación de la Tesis:



Dr. sc. agr. Hugo Bernal Barragán. Asesor Principal



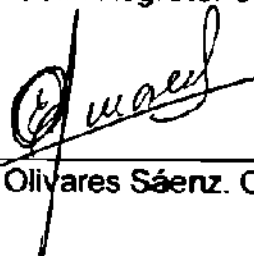
Ph. D. Erasmo Gutiérrez Ornelas. Coasesor



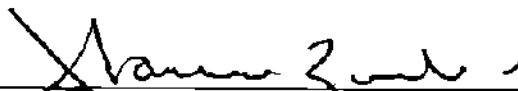
Ph. D. Rigoberto González González. Coasesor



Ph. D. Javier Cofre Negrete. Coasesor



Ph. D. Emitio Olivares Sáenz. Coasesor



Ph. D. Francisco Zavala García

Subdirector de Estudios de Postgrado

DEDICATORIA

A Hilda mi esposa, por su apoyo y comprensión durante esta etapa de nuestras vidas.

A mis hijos Ricardo Ismael y Celeste quienes son mi alegría, y cuya sola existencia fortalece mi espíritu.

A mis hermanos José, Guadalupe, Hugo Arturo, María del Rayo, Lourdes y Lilia.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Al Dr. Hugo Bernal Barragán, asesor principal, por su buena disposición para orientarme durante el desarrollo de este trabajo, y por su atinada dirección en la realización de esta tesis.

A los Doctores Javier Colín Negrete, Rigoberto González González, Erasmo Gutiérrez Ornelas y Emilio Olivares Sáenz, por sus valiosas observaciones, sugerencias y aportaciones para la mejor conclusión del presente trabajo.

A mi centro de trabajo el Instituto Tecnológico Agropecuario No. 1, y a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria de la S.E.P., por las facilidades otorgadas para la obtención del grado de Doctor en Ciencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico brindado para la obtención del grado.

A la Facultad de Agronomía de la UANL, así como al personal de esta dependencia que participó de alguna manera en la realización del trabajo. en especial al Ing. Francisco Uresti y al Ing. Alfredo Peña.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Manuel Ismael Mata Escobedo

**Candidato para obtener el grado de Doctor en Ciencias Pecuarias con
Especialidad en Nutrición Animal**

Datos personales:

Nacido en Durango, Dgo., el 17 de junio de 1958, hijo de Juana Escobedo Ayala y Ricardo Mata García.

Educación:

Egresado de la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango como Médico Veterinario Zootecnista, en 1982.

Egresado de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua como Maestro en Ciencias en Producción Animal, en 1992.

Experiencia profesional:

Docente en la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria a partir de 1988. Actualmente adscrito al Instituto Tecnológico Agropecuario No. 1 en Villa Montemorelos, Dgo., como Profesor-Investigador a partir de 1990.

CONTENIDO

Capítulo		Página
	LISTA DE CUADROS	x
	LISTA DE FIGURAS	xii
	LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE	xiv
	RESUMEN	xv
	SUMMARY	xvi
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	Composición química del sorgo y de la harina de soya	3
2.2	Predicción del contenido de aminoácidos a partir de la proteína del sorgo y de la harina de soya	5
2.3	Otros parámetros de la calidad de los ingredientes	6
2.3.1	Contenido de taninos en el grano de sorgo	7
2.3.2	Determinación de la calidad de la harina de soya	8
2.3.2.1	Actividad ureásica	8
2.3.2.2	Solubilidad de la proteína en hidróxido de potasio (KOH)	10
2.3.3	Digestibilidad <i>in vitro</i> de alimentos para cerdos	11
2.4	Logística del análisis de alimentos para animales	12
2.4.1	Muestreo	13
2.4.2	Preparación de la muestra	14
2.4.3	Variaciones analíticas	14
2.4.4	Confiableidad del análisis	15
2.5	Crecimiento de cerdos alimentados con dietas a base de sorgo-harina de soya	16
2.5.1	Bases fisiológicas del crecimiento	16
2.5.2	Caracterización del crecimiento de cerdos alimentados con dietas a base de sorgo-harina de soya	18

Capítulo	Página
3. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1 Descripción general del trabajo	23
3.2 Composición nutritiva de ingredientes y dietas experimentales	25
3.2.1 Análisis de la composición química	25
3.2.2 Variación de la composición química de los ingredientes	26
3.2.3 Variación de la composición nutritiva de las raciones experimentales	27
3.3 Predicción del contenido de aminoácidos del sorgo y harina de soya a partir de la proteína cruda	27
3.4 Calidad de la harina de soya	28
3.5 Digestibilidad <i>in vitro</i> de ingredientes y dietas experimentales. .	28
3.6 Prueba de campo	28
3.6.1 Animales	29
3.6.2 Protocolo para el Experimento 1	29
3.6.3 Protocolo para el Experimento 2	29
3.6.4 Análisis general de las pruebas experimentales	34
3.7 Análisis económico	34
3.8 Análisis estadístico	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1 Composición nutritiva de ingredientes y dietas	37
4.1.1 Composición química de los ingredientes	37
4.1.2 Variación de la composición química de los ingredientes	39
4.1.3 Variación de la composición nutritiva de las dietas experimentales	43
4.1.3.1 Cálculo en base a la sustitución de valores tabulares con valores analizados del sorgo y de la harina de soya	44

Capítulo	Página	
4.1.3.2	Variación del contenido de proteína cruda y energía metabolizable de las raciones, en base a valores calculados y valores analizados	47
4.2	Predicción del contenido de aminoácidos esenciales a partir de la proteína cruda, en el sorgo y harina de soya	48
4.2.1	Contenido de aminoácidos en la proteína cruda	49
4.2.2	Predicción del contenido de aminoácidos esenciales	50
4.2.2.1	Contenidos estimados de aminoácidos por medio de las ecuaciones calculadas	51
4.2.2.2	Coefficientes de determinación (R^2), de las ecuaciones calculadas	54
4.3	Calidad de la harina de soya	56
4.3.1	Actividad ureásica de la harina de soya	56
4.3.2	Solubilidad de la proteína de la harina de soya en hidróxido de potasio (KOH)	58
4.4	Digestibilidad <i>in vitro</i> de ingredientes y dietas experimentales .	59
4.5	Prueba de campo. Comportamiento productivo de cerdos en crecimiento	62
4.5.1	Experimento 1	62
4.5.1.1	Crecimiento	63
4.5.1.2	Finalización	65
4.5.1.3	Período completo	66
4.5.2	Experimento 2	67
4.5.2.1	Crecimiento	68
4.5.2.2	Finalización	68
4.5.2.3	Período completo	71
4.5.3	Análisis global de los experimentos 1 y 2	72
4.5.3.1	Crecimiento	73

Capítulo	Página
4.5.3.2 Finalización	73
4.5.3.3 Período completo	74
4.6 Análisis económico	77
4.6.1 Costo de alimentación de cerdos en crecimiento separados por sexo. Experimento 1	78
4.6.2 Costo de alimentación de cerdos en crecimiento. Datos del análisis global de los Experimentos 1 y 2	81
5. CONCLUSIONES	85
6. LITERATURA CITADA	86
7. APÉNDICE	98

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Composición química del sorgo y de la harina de soya (base seca)	4
2.	Análisis del laboratorio de nutrición y coeficientes de variación aceptables (Galyean, 1980)	15
3.	Crecimiento de cerdos alimentados con raciones a base de sorgo-harina de soya (promedio de machos y hembras en cada reporte)	20
4.	Composición de las raciones de crecimiento del Experimento 1, en base tal como ofrecido (kg/ton)	30
5.	Composición de las raciones de finalización del Experimento 1, en base tal como ofrecido (kg/ton)	31
6.	Composición de las raciones de crecimiento del Experimento 2, en base tal como ofrecido (kg/ton)	32
7.	Composición de las raciones de finalización del Experimento 2, en base tal como ofrecido (kg/ton)	33
8.	Composición nutritiva en base seca del sorgo y de la harina de soya	38
9.	Contenido en base seca de proteína cruda, lisina, metionina, treonina y triptofano del sorgo y harina de soya de la base de datos del Cuadro A2 del Apéndice	49
10.	Ecuaciones de regresión para estimar la concentración de aminoácidos esenciales del sorgo, % en base seca	51
11.	Ecuaciones de regresión para estimar la concentración de aminoácidos esenciales de la harina de soya, % en base seca	52
12.	Contenido de aminoácidos reportado y estimado, del sorgo y de la harina de soya, % en base seca	53

Cuadro	Página
13. Índice de actividad ureásica y solubilidad de la proteína de siete remesas de harina de soya recibidas en la FAUANL de un proveedor único	57
14. Digestibilidad de la proteína cruda del sorgo y harina de soya ..	60
15. Digestibilidad <i>in vitro</i> (%) de la proteína cruda de las dietas experimentales	62
16. Comportamiento productivo de cerdos en crecimiento de 23 a 95 kg de peso vivo. Experimento 1	64
17. Comportamiento productivo de los cerdos por etapa de crecimiento. Experimento 2	69
18. Comportamiento productivo de los cerdos por etapa de crecimiento. Datos promedio de los Experimentos 1 y 2	75
19. Costo de alimentación de cerdos de 24 a 95 kg de peso vivo por tratamiento. Experimento 1	79
20. Costo de alimentación de cerdos en crecimiento de 24 a 95 kg de peso vivo. Datos globales de los experimentos 1 y 2	82

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Crecimiento de cerdos alimentados con dietas a base de sorgo-harina de soya	19
2.	Aumento diario de peso de cerdos alimentados con raciones a base de sorgo-harina de soya	21
3.	Diagrama de flujo de los sistemas experimentales de alimentación	24
4.	Contenido en base seca, de materia seca, cenizas, fibra detergente neutro (FDN) y grasa cruda de 28 muestras de sorgo	40
5.	Contenido en base seca, de grasa cruda y fibra detergente neutro (FDN) de 31 muestras de harina de soya	41
6.	Contenido de proteína cruda (PC, % en base seca) de 31 muestras de harina de soya	42
7.	Contenido de energía metabolizable (EM, Mcal/kg de materia seca) de 31 muestras de harina de soya	43
8.	Diferencia en el contenido de proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) de las dietas de crecimiento del tratamiento NRC, al incluir los valores analizados de composición nutritiva de los ingredientes	45
9.	Diferencia en el contenido de proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) de las dietas de finalización del tratamiento NRC, al incluir los valores analizados de composición nutritiva de los ingredientes	46
10	Contenido analizado de proteína cruda (%) en relación al contenido formulado, por etapa de crecimiento en las raciones experimentales. Experimento 2	47

Figura	Página
11. Solubilidad en hidróxido de potasio de la proteína de siete remesas de harina de soya	58
12. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la proteína cruda y materia seca de la harina de soya	61
13. Comportamiento productivo de los cerdos por etapa de crecimiento de 24 a 65 kg, y de 65 a 95 kg. Experimento 2 ...	70
14. Comportamiento productivo de los cerdos por etapa de crecimiento de 24 a 70 kg, y de 70 a 95 kg. Experimentos 1 y 2	76
15. Costo de alimentación de cerdos de 24 a 95 kg, separados por sexo. Experimento 1	80
16. Costo mensual de aplicación del sistema de alimentación LAB por cerdo (\$) y beneficio económico mensual (\$, miles) de acuerdo al número de vientres en la granja porcina	83

LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro		Página
A1.	Composición química, en base seca, del sorgo y de la harina de soya	99
A2.	Contenido de proteína cruda y aminoácidos del sorgo y de la harina de soya, en base seca, reportado en diferentes fuentes bibliográficas	101
A3.	Cálculo del contenido de aminoácidos a partir de proteína cruda del sorgo y de la harina de soya, en base seca	103

RESUMEN

Manuel Ismael Mata Escobedo

Fecha de graduación: Diciembre de 1998

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Agronomía

Título del estudio: VARIACIÓN DE LA COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE LOS INGREDIENTES DE LA DIETA Y SU EFECTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CERDOS EN CRECIMIENTO

Número de páginas: 112

Candidato para el grado de Doctor en Ciencias Pecuarías con especialidad en Nutrición Animal

Área de Estudio: Ciencias pecuarias. Zootecnia. Nutrición animal

Propósitos y Métodos de Estudio: La alimentación es uno de los aspectos más importantes que inciden en los costos de producción de las granjas porcinas. El conocimiento de la composición nutritiva, y de su variación en los ingredientes, mejora la precisión de elaboración de las raciones formuladas para cubrir requerimientos específicos de los animales. El sorgo y la harina de soya son ingredientes que forman más del 90% de las raciones de cerdos, por lo cual la variación de su valor nutritivo, se refleja directamente en la calidad de la ración. El presente estudio se realizó con el objetivo de medir la variación de la composición química del sorgo y harina de soya, y para determinar el efecto de la variación mostrada por los ingredientes sobre el crecimiento de cerdos de 24 a 95 kg de peso.

La variación de la composición nutritiva se determinó mediante análisis químico del contenido de materia seca, proteína cruda (PC), grasa cruda, fibra detergente neutro (FDN) y cenizas de 28 remesas de sorgo y 31 de harina de soya. Con la composición química analizada se calculó la energía metabolizable de ingredientes y dietas. En la prueba de campo, realizada con cerdos en crecimiento, las raciones fueron formuladas ya sea en base a valores analizados de la composición química de cada remesa de ingredientes (Sistema LAB), o en base a valores tabulares (Sistema NRC) de la composición química del sorgo y de la harina de soya. Se analizó el comportamiento de crecimiento de los cerdos, sobre la base de su aumento diario de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Se efectuó un análisis de los costos de producción, considerando la conversión alimenticia, la ganancia de peso durante el período experimental, y el costo de las raciones experimentales.

Contribuciones y Conclusiones: Los resultados demuestran que existe una considerable variación en el contenido de cenizas (CV = 36.7%) y FDN (CV = 23.4%), entre las diferentes remesas de sorgo. En la harina de soya, la principal variación se observó en el contenido de FDN (CV = 36.1%). Los amplios rangos de variación de la composición química de los ingredientes, ocasionaron diferencias en los valores calculados y analizados de PC y energía metabolizable de las raciones NRC (-5 a +7.5% y -3 a +5%, respectivamente). La alimentación del sistema LAB aquí propuesto, mostró efecto no significativo ($p > 0.05$) sobre el aumento diario de peso y consumo de alimento de los cerdos, comparados con los alimentados con el sistema NRC. Sin embargo, los cerdos LAB tuvieron mejor conversión alimenticia (0.12 unidades, $p < 0.05$) que los cerdos NRC. De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, la mejora en la eficiencia de producción de cerdos en crecimiento con el sistema de alimentación LAB, se debe a una mayor precisión en la formulación de las dietas. Esto último, se refleja en un beneficio económico a partir de 350 cerdas vientre ($p < 0.05$), que aumenta en forma proporcional al tamaño de la granja.

Firma del Asesor Principal: _____

SUMMARY

Manuel Ismael Mata Escobedo

Graduation date: December, 1998

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Agronomía

Title of study: VARIATION OF NUTRITIVE COMPOSITION OF DIET INGREDIENTS AND THEIR EFFECT ON PRODUCTIVE PERFORMANCE OF GROWING PIGS

Pages number: 112

Candidate at Doctor in Animal Science with specialty in Animal Nutrition

Study Area: Animal Science. Animal Production. Animal Nutrition

Purpose and Methods of Study: The nutrition is one of the main aspects that influences cost production of pig farms. The knowledge of nutritive composition and variation of feedstuffs, increase the precision of rations formulated to attain specific requirements of animals. Sorghum and soybean meal represent more than 90% of ingredients in pig rations, therefore the variation of their nutritive value, affects the quality of the ration. The objective of this study was to measure the variation of chemical composition of sorghum and soybean meal, and to determine the effect of this variation on growing pigs, from 24 to 95 kg body weight. The variation of nutritive composition was determined trough lab analysis on content of dry matter, crude protein (CP), crude fat, neutral detergent fiber (NDF) and ash from 28 batches of sorghum and 31 batches of soybean meal. With this analysis the metabolizable energy of feedstuffs and diets, was calculated.

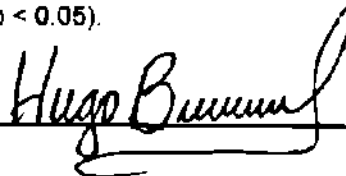
The rations were formulated based either on analyzed values (LAB System), or based on tabulated values (NRC System) of chemical composition of sorghum and soybean meal. The growing performance was analyzed based on daily weight gain, feed intake and feed conversion. An analysis of production cost was made utilizing both feed conversion and weight gain during experimental period, and cost of experimental rations.

Contributions and Conclusions: The results demonstrated that exist considerable variation in the content of ash (CV = 36.7%) and NDF (CV = 23.4%), between different batches of sorghum. In soybean meal, main variation was observed in NDF content (CV = 36.1%). The wide ranges of variation of the chemical composition of ingredients caused differences in calculated and analyzed values of CP and metabolizable energy of rations (-5 to +7.5% and -3 to +5%, respectively).

The proved feeding LAB system, had not effect ($p > 0.05$) on pigs daily weight gain and feed intake, compared with NRC feeding system. However, the LAB pigs had better feed conversion (0.12 units; $p < 0.05$) than the NRC pigs.

According with these results, the increased efficiency of growing pigs fed LAB system, was due to a more accurate diet formulation. The last point, is reflected in economic benefits when the farm has more than 350 sows ($p < 0.05$).

Main Adviser Signature: _____



1. INTRODUCCIÓN

La eficiencia de producción en las explotaciones porcinas, está directamente relacionada con la eficiencia de crecimiento de los cerdos. Este crecimiento es afectado por una serie de factores, tales como potencial de crecimiento de los animales, climáticos, manejo y alimentación. Dentro del manejo de la alimentación, uno de los principales aspectos a considerar, es la elaboración de raciones que llenen en forma precisa los requerimientos de los animales en busca de un crecimiento rápido y económico.

El conocimiento de la composición química real de los ingredientes, puede mejorar la precisión en la formulación de las dietas para cubrir los requerimientos nutritivos de los cerdos. Por lo cual, el considerar la variación que existe en la composición nutritiva de los ingredientes puede ser una buena alternativa para elaborar raciones más precisas.

El sorgo y la harina de soya, representan más del 95% de la composición de las dietas para cerdos en crecimiento (Ward y Southern, 1995), dado lo cual es de particular importancia considerar la variación que existe en la composición nutritiva de estos ingredientes.

En pruebas de campo se ha observado que el comportamiento productivo de los cerdos puede variar de acuerdo con el tipo o calidad nutritiva del sorgo incluido en la dieta (Healy *et al.*, 1994), o cuando valores de diferente fuente bibliográfica de la composición nutritiva del sorgo y de la soya son utilizados en la formulación de dietas para cerdos (Ward y Southern, 1995). Sin embargo, son escasos o no existen reportes científicos específicos del efecto de la variación de la composición química en diferentes remesas de los ingredientes empleados en la alimentación de cerdos en crecimiento.

La presente investigación tiene por objetivo evaluar la variación de la composición nutritiva de ingredientes mayoritarios para cerdos. Asimismo, se evaluará el efecto de las dietas formuladas en base a resultados de análisis de laboratorio, o en base a valores tabulares de la composición química del sorgo y de la harina de soya, sobre la eficiencia productiva de cerdos en crecimiento.

En este marco, se considera que:

- La variación de la composición nutritiva de los ingredientes, justifica la necesidad de analizar el valor nutritivo de cada una de las remesas de ingredientes recibidos en una granja porcina.
- El uso de los resultados del análisis nutritivo de los ingredientes, permite elaborar raciones mejor balanceadas, y más eficientes, que eviten excesos de nutrientes en la dieta, con mejores resultados en la economía de las granjas porcinas, y con reducción de excreción de nutrientes al medioambiente, comparado con el empleo de datos tabulares del contenido nutritivo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Composición química del sorgo y de la harina de soya

La composición química de ingredientes para alimentación animal, ha sido publicada por diferentes instituciones, tales como NRC (1988) e INRA (1985). Sin embargo, la composición nutritiva de los ingredientes varía de acuerdo a los diferentes climas y condiciones agronómicas en los cuales son producidos (Metayer *et al.*, 1993), así como a las variedades cultivadas, almacenaje y métodos de procesamiento de los alimentos (Fialho *et al.*, 1995). Esta variación es importante, tanto en cantidad de nutrientes, calidad de los mismos y tasa de aprovechamiento por el animal (Yin *et al.*, 1993a).

En el caso del sorgo, valores promedio en base seca calculados a partir de varias publicaciones, son 10.9% de proteína cruda, 1.8% de cenizas, 3.3% extracto etéreo, 17.2% de fibra detergente neutro y 3.63 Mcal de energía metabolizable por kilogramo (Cuadro 1). Para la harina de soya, los valores calculados son de 48.2% de proteína cruda, 7.0% de cenizas, 1.8% de extracto etéreo, 17.5% de fibra detergente neutro (FDN) y 3.55 Mcal de energía metabolizable por kilogramo (Cuadro 1 y Cuadro A1 del Apéndice).

Una variación importante en el contenido de proteína cruda entre variedades de sorgo fue reportada por Streeter *et al.* (1993a), quienes encontraron que el contenido de proteína más alto ($P < 0.05$) fue para el sorgo de variedad roja (10.4%) y que las variedades combinadas de los híbridos amarillos, cremas y heteroamarillos tuvieron un valor promedio de 9.9%.

Además de variación en el contenido de proteína, existen diferencias de la disponibilidad de la misma. En un estudio con cuatro variedades de sorgo, cuyo contenido de proteína cruda varió entre 8.2 y 9.4%, se observó que las

variedades de sorgo bajas en taninos, con 0.83 a 0.88 mg de catequinas por 100 mg de MS, fueron más digestibles que aquellas variedades altas en taninos con cantidades de 3.17 a 3.40 mg de catequinas por 100 mg de MS, siendo las digestibilidades 77 y 73%, respectivamente (Cousins *et al.*, 1981).

Cuadro 1. Composición química del sorgo y de la harina de soya (base seca).

D.E.= desviación estándar; C.V.= coeficiente de variación¹

	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Cenizas (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra detergente neutro (%)	Energía metab. (Mcal/kg)
Sorgo (n)	12	14	8	10	2	5
Promedio	88.4	10.9	1.8	3.3	17.0	3.63
D.E.	1.3	1.0	0.2	0.6	8.6	0.07
C.V.	1.4	9.4	12.6	17.6	-	1.9
Mínimo	86.0	9.4	1.4	2.1	10.9	3.54
Máximo	89.6	12.5	2.1	4.3	23.0	3.71
H. Soya (n)	11	22	16	17	14	4
Promedio	89.0	48.2	7.0	1.5	17.5	3.55
D.E.	0.8	3.1	0.8	0.6	7.4	0.08
C.V.	0.8	6.4	10.9	37.5	42.5	2.3
Mínimo	88.0	52.8	5.8	0.6	7.7	3.43
Máximo	90.0	43.3	8.4	2.4	35.2	3.61

¹Valores obtenidos a partir de la base de datos del Cuadro A1 del Apéndice.

n= número de reportes en publicaciones científicas.

Fuentes: Angelova, *et al.*, 1989; AWT, 1987; Burgoon *et al.*, 1992; Cousins *et al.*, 1981; Dudley-Cash, 1997; Feedstuffs, 1997; Healy *et al.*, 1994; INRA, 1985; McIntosh *et al.*, 1986; Metayer *et al.*, 1993; NRC, 1988; Owsley *et al.*, 1981; Richert *et al.*, 1994; Sakdana *et al.*, 1994; Shi y Noblet, 1993; Sniffen *et al.*, 1992; Streeter *et al.*, 1993a; Streeter *et al.*, 1993b; Ward y Southern, 1995; Wiesemüller y Leibetseder, 1993; Yin *et al.*, 1993a; Yin *et al.*, 1993b.

El efecto de diferencias en el contenido y calidad de la proteína en el sorgo, fue estudiado en lechones destetados con un peso promedio de 9.2 kg, los cuales, al ser alimentados con sorgos blandos con 10.9% de proteína cruda tuvieron una conversión alimenticia de 1.65; al incluir sorgos duros con 9.4% proteína cruda en la ración se obtuvo una conversión alimenticia de 1.66 (Healy *et al.*, 1994).

La harina de soya muestra un amplio rango de variación nutricional en muchas partes del mundo (Dudley-Cash, 1997). Este ingrediente varía en su composición nutritiva, de acuerdo con el método de procesamiento al cual es sometido durante su obtención (Vohra y Kratzer, 1991). Yin *et al.* (1993a) reportaron variación en la composición química de tres diferentes harinas de soya, con valores de proteína cruda de 47.7 a 50.1% y digestibilidad ileal de entre 84 y 88%, respectivamente. El contenido de lisina en la proteína de harina de soya, varió de 5.93 a 6.19%, y el de los aminoácidos sulfurados, de 1.18 a 1.71% (Vohra y Kratzer, 1991). Owen *et al.* (1994) encontraron valores en el contenido de proteína cruda para tres diferentes harinas de soya de 44.4, 42.3 y 45.2%; el contenido de lisina fue relativamente constante, 2.90, 2.87 y 2.90%.

2.2 Predicción del contenido de aminoácidos a partir de la proteína cruda en el sorgo y harina de soya

La formulación de las dietas está enfocada por una parte, a la predicción del comportamiento productivo de los animales a partir de un aporte de nutrientes, y por otra parte, a lograr los objetivos del formulador en la creación de la dieta (Williams, 1995). Para la formulación de las dietas, se utilizan principalmente los valores de energía y aminoácidos (proteína) de los ingredientes, buscando obtener dietas que den un máximo comportamiento al más bajo costo por unidad de producción (Wicker, 1991).

En la alimentación de cerdos, es común encontrar raciones formuladas en base a sorgo y harina de soya como principales ingredientes. El contenido de proteína cruda y de aminoácidos del sorgo y harina de soya, puede variar (Metayer *et al.*, 1993; Yin *et al.*, 1993a), por lo cual es importante determinar el aporte real de aminoácidos en cada remesa que se va a utilizar, para lograr una formulación más precisa.

La forma más exacta de determinar el contenido de aminoácidos en la proteína de un alimento, es la medición directa, pero éste análisis requiere tiempo, 3 a 4 días (Harris, 1988; Llames y Fontaine, 1994) y tiene un costo alto de aproximadamente US\$ 200.00 por muestra (Wicker, 1991). Una posibilidad para determinar el valor de los aminoácidos en la proteína, es mediante ecuaciones de predicción desarrolladas en base a análisis repetido de muestras de los ingredientes (Wicker, 1991; Kidd *et al.*, 1996).

De acuerdo a Wicker (1991), la precisión de las ecuaciones de predicción de aminoácidos esenciales, lisina, metionina, treonina y triptofano, a partir de la proteína cruda, es mejor en el sorgo con valores de R^2 de 0.37 a 0.88, que en la harina de soya con valores de R^2 de 0.12 a 0.35. Las ecuaciones de regresión pueden ser de gran ayuda para predecir el contenido de aminoácidos en la proteína cruda, asumiendo que el análisis del contenido de proteína de los ingredientes sea confiable (Kidd *et al.*, 1996).

2.3 Otros parámetros de calidad de los ingredientes

Además del análisis químico clásico de Weende, existen otros análisis desarrollados para proporcionar un conocimiento más exacto del valor nutritivo de un alimento. Algunos de estos análisis son la determinación del contenido de taninos en el sorgo, la determinación de actividad ureásica y solubilidad en

hidróxido de potasio de la proteína de la harina de soya y la determinación de la digestibilidad *in vitro* de ingredientes y alimentos para animales.

2.3.1 Contenido de taninos en el grano de sorgo

Los taninos son polifenoles de alto peso molecular que forman complejos con proteínas y las precipitan (Bryant, *et al.*, 1992; Hagerman *et al.*, 1992; Chang *et al.*, 1994; Reed, 1995). Además, pueden formar complejos con almidón, celulosa (Reed, 1995) y minerales (Chang *et al.*, 1994; Reed, 1995). Se reconocen dos formas de taninos, que son los condensados y los hidrolizables. En el sorgo, los taninos son del tipo condensado, y han mostrado disminuir la digestibilidad de la proteína en la oveja y el venado, mientras que los taninos hidrolizables no afectan la digestibilidad (Hagerman *et al.*, 1992). El contenido de taninos de las variedades de sorgo comercializadas en 1993, con 0.07% en base seca en Francia, fue más bajo que el de las variedades que se comercializaron 10 años antes, con 0.1% de taninos en base seca (Metayer *et al.*, 1993).

El contenido de taninos en el sorgo, influye negativamente sobre la digestibilidad del alimento en cerdos (Cousins *et al.*, 1981; Mitaru *et al.*, 1984; Lizardo *et al.*, 1995). Algunas variedades de sorgo, resistentes a pájaros, con alta cantidad de taninos, tienen entre 4 y 5 puntos porcentuales, menor digestibilidad de materia seca, energía bruta y nitrógeno en cerdos en crecimiento-finalización, que otras variedades no resistentes a pájaros con baja cantidad de taninos (Cousins *et al.*, 1981). Similares resultados fueron reportados para cerdos recién destetados de 9.0 kg de peso, alimentados con sorgo alto en taninos, 4.17%, o bajos en taninos, 0.06% (Mitaru *et al.*, 1984).

La reducción de la eficiencia de la producción de los animales por efecto de los taninos, se debe a la formación de compuestos complejos insolubles y solubles

que alteran la absorción y la utilización de la proteína y los minerales (Chang *et al.*, 1994). Niveles altos de taninos tienen efectos a nivel intestinal, tales como el incremento de la actividad de quimotripsina y lipasa pancreática, la reducción de la actividad de la tripsina, y la disminución de la actividad de la maltasa y la γ -glutamil transferasa (Lizardo *et al.*, 1995)

2.3.2 Determinación de la calidad de la harina de soya

La actividad ureásica, así como la solubilidad en hidróxido de potasio, son procedimientos auxiliares para determinar la calidad de la harina de soya.

2.3.2.1 Actividad ureásica

La harina de soya es la principal fuente de proteína para dietas de aves y cerdos en muchas partes del mundo, pero debe ser procesada antes de ser utilizada como alimento (Dale y Araba, 1990). La harina de soya "cruda", contiene varios inhibidores de la proteasa (denominados comúnmente como inhibidores de la tripsina), hemoaglutininas o lectinas, estrógenos y saponinas (Vohra y Kratzer, 1991; Church, 1991). Sin embargo, estos factores tóxicos de la harina de soya cruda, son termolábiles y destruidos por un adecuado procesamiento térmico (Dale y Araba, 1990). El procesamiento es efectuado para inactivar factores inhibidores del crecimiento de la harina de soya cruda (Vohra y Kratzer, 1991), y consiste en someterla, después de la extracción del aceite con un solvente orgánico, a un calentamiento a temperaturas entre 121°C y 127°C durante 10 a 14 minutos (O'Quinn *et al.*, 1997).

Sin embargo, tanto el subprocesamiento (subcalentamiento) como el sobreprocesamiento (sobrecalentamiento), tienen efectos dañinos sobre el valor nutritivo de la harina de soya (Dale y Araba, 1990). El sobrecalentamiento puede destruir algunos aminoácidos esenciales, principalmente la lisina y la arginina (Waldroup *et al.*, 1985; Araba y Dale, 1990; Dale y Araba, 1990), o

bien puede ocasionar la reacción de Maillard, en la cual el grupo épsilon amino de la lisina se liga en forma irreversible e indigestible a los grupos carbonil de azúcares reductores (Dale y Araba, 1990).

La harina de soya cruda contiene la enzima ureasa, la cual es inactivada por el calentamiento. Su concentración es determinada por un cambio de pH (Waldroup *et al.*, 1985; Dale y Araba, 1990) resultante de la cantidad de nitrógeno amoniacal liberado por cada gramo de harina de soya por minuto a 30°C en una solución de urea (Close y Menke, 1986).

Parsons *et al.* (1991) mencionan que la determinación de la actividad ureásica, basada sobre el cambio de pH, fue una de las más utilizadas pruebas *in vitro* para asentar la calidad de la harina de soya. Sin embargo, se ha determinado que este procedimiento es útil únicamente para determinar el subcalentamiento de la harina de soya pero no para detectar el sobrecalentamiento (Araba y Dale, 1990; Dale y Araba, 1990; Vohra y Kratzer, 1991; Parsons *et al.*, 1991), ya que en algunos experimentos no se detecta cambio en el pH entre harinas de soya calentadas a diferentes tiempos (Araba y Dale, 1990; Parsons *et al.*, 1991).

Waldroup *et al.* (1985), reportaron que valores con un máximo de 0.2 unidades de elevación del pH, son aceptados por la industria alimenticia de los Estados Unidos de América, como estándar de procesamiento de la harina de soya para todo tipo de ganado. La Comunidad Económica Europea acepta un valor máximo de 0.5 unidades de elevación de pH. En un estudio reciente con harina de soya comercial procedente de diferentes partes del mundo, Dudley-Cash (1997), reportó una amplia variación en los valores de actividad ureásica (0.03 a 0.13 unidades).

2.3.2.2 Solubilidad de la proteína en hidróxido de potasio (KOH)

La solubilidad de la proteína en KOH, puede utilizarse para determinar el sobreprocesamiento de la harina de soya ya que se ha encontrado una correlación negativa entre el tiempo de calentamiento y la solubilidad de la proteína (Araba y Dale, 1990; Dale y Araba, 1990; Parsons *et al.*, 1991; Vohra y Kratzer, 1991). La prueba consiste en solubilizar las proteínas de la harina de soya en KOH 0.2N por agitación. Posteriormente el contenido de nitrógeno solubilizado es determinado, y la solubilidad se expresa como un porcentaje de la proteína total (Araba y Dale, 1990). A nivel comercial, similar a la actividad ureásica, existe una amplia variación de la solubilidad de la proteína entre las harinas de soya de diferentes países, con valores de 60.2 a 76.4% para harinas de soya de la India y de USA, respectivamente (Dudley-Cash, 1997).

De acuerdo con Araba y Dale (1990), los valores de la solubilidad de la proteína en KOH se relacionan mejor que los valores de actividad ureásica con el comportamiento de crecimiento en pollos de engorda, los cuales fueron alimentados con harinas de soya con diferentes tiempos de calentamiento. Waldroup *et al.* (1985), reportaron que no existen diferencias en la ganancia de peso de pollos de engorda, al ser alimentados con harinas de soya con calentamientos a 107°C desde 30 hasta 60 minutos, ni en la conversión alimenticia con harinas de soya calentadas a tiempos que van desde 20 hasta 60 minutos. En contraste, Dale y Araba (1990), reportan que con calentamiento a 121°C a tiempos diferentes al rango entre 10 y 20 minutos, se observó menor comportamiento productivo en pollos de engorda. En cerdos, la eficiencia alimenticia disminuyó en forma significativa cuando la solubilidad fue menor de 66%, lo cual se presentó con tiempos de calentamiento mayores a 20 minutos (Parsons *et al.*, 1991).

Si es necesario considerar solamente una prueba *in vitro* como indicador de la calidad de la harina de soya utilizada en la nutrición animal, la mejor opción puede ser la solubilidad de la proteína en KOH (Dale y Araba, 1990; Dudley-Cash, 1997).

2.3.3 Digestibilidad *in vitro* de alimentos para cerdos

La digestibilidad de los alimentos para cerdos y aves, actualmente puede determinarse con métodos *in vivo* e *in vitro*. La determinación *in vivo*, involucra la utilización de animales canulados y ensayos de alimentación de precisión para estimar los componentes alimenticios, lo cual es lento y de alto costo (Fuller, 1991). Durante muchos años se ha utilizado la digestibilidad del nitrógeno con pepsina (0.2%) para la evaluación de alimentos proteicos de origen animal, pero en pruebas recientes se han calculado más altas correlaciones de la digestibilidad del nitrógeno medido *in vitro* y los valores obtenidos de digestibilidad *in vivo* de la lisina cuando se utilizó la pepsina a dosis de 0.002% (Parsons *et al.*, 1991). Actualmente, algunos métodos de digestibilidad *in vitro* han sido propuestos, en los cuales se buscan alternativas para incrementar la exactitud de los métodos ya existentes (Boisen, 1991; Boisen y Fernández, 1995; Drake *et al.*, 1991; Furuya, 1991; Savoie, 1991).

La digestión de los alimentos en cerdos y aves, es un proceso altamente dinámico e integrado, bajo control hormonal y nervioso, el cual responde a numerosos estímulos (Longland, 1991). Cualquier método que trate de simular este complejo sistema para predecir el valor nutritivo de los alimentos, deberá ser rápido, específico, confiable, preciso y económico (Assoumani y Nguyen, 1991; Graham, 1991; Longland, 1991).

Diferentes métodos multienzimáticos han sido propuestos, tratando de simular los eventos dentro del tracto digestivo de los animales. Sin embargo, hay

resultados contradictorios acerca de la confiabilidad de esos métodos (Boisen, 1991; Boisen y Fernández, 1995; Drake *et al.*, 1991). Algunos de los métodos son complicados, como aquellos en los que la muestra tiene que ser sometida a diálisis (Drake *et al.*, 1991; Savoie, 1991), o utilizar fluido intestinal, lo cual tiene el inconveniente de que sean necesarios animales fistulados (Furuya, 1991).

Boisen (1991) desarrolló un método *in vitro* para predecir la digestibilidad ileal de la materia seca y la proteína (N x 6.25) de ingredientes y dietas para cerdos. La digestión se efectúa en dos fases que simulan las condiciones del tracto digestivo a el nivel del íleon durante este proceso; una digestión con pepsina en medio ácido (pH 2.0) durante 6 horas, y una digestión en un medio casi neutro (pH 6.8) con pancreatina porcina durante 18 horas. La digestibilidad se calcula por la diferencia de la materia seca y del nitrógeno en la muestra y en el residuo indigerido de esos nutrientes después de una corrección por el blanco.

2.4 Logística de análisis de alimentos para animales

El análisis de la composición química de los alimentos, permite formular dietas en forma más precisa para cubrir requerimientos específicos del animal, tales como crecimiento y reproducción. La eficiencia de producción del animal, depende de la utilización adecuada del alimento para diferentes fines productivos, para lo cual es necesario tener un indicador de la disponibilidad de los alimentos para cubrir los requerimientos de los animales (Close y Menke, 1986). El proceso de determinar la calidad de los ingredientes o mezclas de alimentos, requiere de realizar pruebas físicas, químicas, analíticas y microbiológicas (Close y Menke, 1986; Llamas, 1991).

Debido al proceso de análisis, se ha observado como varían las muestras de un ingrediente particular de tiempo en tiempo, de una remesa a otra, de una

fuente a la siguiente, y como la composición real se desvía de las formulaciones teóricas (Llames, 1991). Problemas para la correcta interpretación de resultados pueden ser atribuidas a dos factores comunes, denominados errores de muestreo y analíticos (Llames, 1991).

2.4.1 Muestreo

Para evitar que se produzcan errores ajenos a la eficacia y exactitud del analista, es necesario hacer un muestreo correcto (Less, 1969). De acuerdo con Close y Menke (1986), el análisis químico debe ser efectuado sobre una muestra homogénea. Debido a que algunas determinaciones deben ser efectuadas en el estado en el cual llega la muestra al laboratorio, ésta debe ser dividida en dos partes: una se toma tal como está la muestra; y la otra parte se preparará para los análisis a los cuales va a ser sometida.

Llames (1991), menciona que uno de los mayores y más comunes problemas encontrados frecuentemente en cualquier tipo de análisis, es la obtención de una muestra para laboratorio que represente verdaderamente a una remesa grande. Existen diferentes métodos "oficiales" de muestreo para mezclas homogéneas y heterogéneas de materiales sólidos, líquidos y semisólidos (AOAC, 1990).

En alimentos para animales, el muestreo se debe hacer de la siguiente manera: utilizando un tubo con ranura, tomar una muestra mayor a 500 g, ladeando los sacos y removiendo el centro en diagonal de orilla a orilla. En lotes de 1 a 10 bultos, cada uno de los bultos deberá ser muestreado. En lotes de más de 11 bultos, muestrear 10 bultos. En lotes de 1 a 4 bultos tomar suficientes muestras en diagonal para totalizar mínimo 5 muestras. Para contenedores de alimentos, más de 10 muestras deberán tomarse de diferentes regiones (AOAC, 1990). Una muestra mal tomada puede acarrear problemas, tales como análisis

distorsionados, datos falsos para formulación, alteraciones en la calidad de las mezclas, y problemas en campo (Purina, 1977).

2.4.2 Preparación de la muestra

Cada determinación dentro del análisis nutritivo de los alimentos, tiene especificaciones particulares en la preparación de la muestra. En forma general, el procedimiento de preparación de muestras para análisis de alimentos consiste en moler la muestra con criba de aberturas circulares de 1 mm de diámetro y mezclar cuidadosamente (Close y Menke, 1986; AOAC, 1990). Si la muestra no puede ser molida, reducirla a una condición tan fina como sea posible (AOAC, 1990). Si la muestra es muy húmeda, debe ser pre-secada para disminuir el contenido de humedad a niveles entre 8 y 12% (Close y Menke, 1986). Una vez seca y molida, transferir la muestra inmediatamente a frascos de vidrio o poliestireno secos y sellarlos (Less, 1969; Close y Menke, 1986). Se encuentran en el mercado bolsas de poliestireno con cierre hermético, que pueden ser utilizadas para conservar las muestras hasta que sean analizadas.

2.4.3 Variaciones analíticas

De acuerdo a Llamas (1991), los errores del análisis físico o químico de los ingredientes, pueden provenir de los siguientes factores: a) técnica deficiente de muestreo; b) proceso inadecuado de mezclado; c) naturaleza/origen del material a analizar; d) errores de preparación de la muestra; e) errores de metodología analítica; f) errores de instrumental; y g) factor humano. Los análisis deberán ser efectuados por duplicado, como mínimo (Close y Menke, 1986).

2.4.4 Confiabilidad del análisis

Los métodos de análisis empleados para las determinaciones del valor nutritivo de los ingredientes deben ser exactos y precisos. De esta manera los resultados obtenidos en las diferentes determinaciones serán confiables.

Cuadro 2. Análisis del laboratorio de nutrición y coeficientes de variación aceptables (Galyean, 1980)

Análisis	Rango típico en los alimentos, %	CV máximo aceptable, %
Materia seca	80 - 100	0.5
Cenizas	0 - 20	2.0
Proteína cruda	5 - 50	2.0
Fibra cruda	5 - 50	3.0
Fibra detergente ácido	5 - 70	3.0
Lignina detergente ácido	0 - 20	3.0
Fibra detergente neutro	10 - 80	3.0
Calcio	0 - 3	1.5
Fósforo	0 - 2	1.5
Extracto etéreo	1 - 20	2.0
IVDMD	20 - 80	2.0

IVDMD = digestibilidad in vitro de la materia seca

Las determinaciones deben hacerse por duplicado o triplicado (Galyean, 1980). Al incrementar el número de repeticiones, se puede incrementar la confiabilidad de los resultados. Galyean (1980), proporciona una guía de coeficientes de variación para evaluar la precisión de algunos análisis comunes (Cuadro 2).

En la práctica, las características mínimas a analizar en el sorgo son el contenido de humedad (materia seca), proteína, grasa, y fibra. En la harina de

soya los análisis deben incluir la determinación de proteína, grasa, fibra, solubilidad de la proteína en KOH y la actividad ureásica (Purina, 1987).

2.5 Crecimiento de cerdos alimentados con dietas a base de sorgo-harina de soya

El crecimiento es un proceso biológico complejo, en el cual deben tomarse en consideración diversos factores para comprender de su dinámica. En este estudio, se pretende hacer una caracterización del crecimiento de cerdos alimentados con dietas a base de sorgo y harina de soya, revisando las bases fisiológicas del crecimiento, y los parámetros productivos en esta etapa.

2.5.1 Bases fisiológicas del crecimiento

El crecimiento puede describirse como un incremento en tamaño, acompañado de cambios de la forma de un individuo (Widdowson, 1980). El cerdo muestra un patrón de crecimiento sigmoideal, cuando se cría bajo condiciones alimenticias y medioambientales ideales (Black, 1988). La tasa de ganancia de peso vivo se incrementa durante el primer tercio del crecimiento, permanece relativamente constante durante el tercio medio, y disminuye hasta alcanzar una meseta en el peso vivo a la madurez (Taylor y Murray, 1987 citados por Black, 1988). La especie, la raza o línea y el sexo, afectan el patrón de crecimiento de los órganos del animal (Black, 1988). En otras palabras, hay razones genéticas y nutricionales para el crecimiento rápido o lento de los individuos (Widdowson, 1980).

Desde el punto de vista nutricional, el crecimiento puede ser definido simplemente como la progresiva deposición neta de nutrientes y sus metabolitos (Bell *et al.*, 1987). El intestino es el intermediario entre las fuentes dietéticas de nutrición y el perfil de nutrientes disponible para mantenimiento y producción. Este órgano regula el aporte exógeno de nutrientes a través de su

función absorbiva, y es un potente regulador del aporte endógeno mediante sus procesos metabólicos y por la secreción de hormonas. El hígado metaboliza componentes del flujo sanguíneo portal, y de la sangre arterial. Sirve como un centro para el metabolismo intermediario en la gluconeogénesis hepática y metabolismo del nitrógeno en el animal (Huntington y Eisemann, 1988).

El crecimiento de cerdos destetados está caracterizado por un marcado incremento en la tasa de ganancia de grasa en relación al tejido magro conforme aumenta la edad (Widdowson, 1980; Bell *et al.*, 1987). La tasa de deposición de proteína y de grasa se incrementan con el aumento de peso vivo hasta un punto máximo, para decrecer posteriormente. Kemm *et al.* (1995), en un estudio con cerdos de la raza europea Large White, reportaron una tasa máxima de deposición de proteína a los 69 kg de peso en cerdos machos y a los 90 kg en hembras (167 y 159 g/día, respectivamente), y una tasa máxima de deposición de grasa (230 g/día) a los 90 kg en machos y hembras. En otro estudio con cerdos machos castrados y hembras, provenientes de la cruce de razas americanas, Hampshire, Yorshire y Duroc, Shields, Jr. *et al.* (1983), encontraron que la proporción de proteína corporal se incrementó a partir del nacimiento hasta representar el 13.8% de la canal a los 35 kg de peso vivo. Thompson *et al.* (1996), reportaron tasas máximas de deposición de proteína de 0.250 0.322 y 0.197 a 0.234, respectivamente, en hembras y machos castrados provenientes de cinco genotipos obtenidos de cruzamientos de las razas Yorkshire, Duroc y Landrace.

En condiciones comerciales, los cerdos alcanzan máximo 75 a 80% de la tasa de deposición de proteína lograda bajo condiciones ideales en el rango de peso vivo de 15 a 30 kg, y la máxima deposición de proteína se obtiene aproximadamente a los 100 kg de peso (Schinckel y De Lange, 1996).

El peso corporal aproximado al cual ocurre un cambio distintivo total en la tasa de deposición de grasa está relacionado con el tiempo al que disminuye marcadamente el crecimiento del esqueleto (Bell *et al.*, 1987). Una tasa de deposición de grasa del 11% del peso del cuerpo vacío, se mantiene más o menos constante hasta los 36 kg de peso vivo, a partir del cual, ésta se incrementa en forma exponencial respecto al aumento de peso corporal (Shields, Jr. *et al.* 1983).

Solamente cuando el aporte de energía consumida excede los requerimientos para la máxima tasa de deposición de proteína, dicho excedente se utiliza para la deposición de lípidos (Schinckel y De Lange, 1996). Para optimizar la conversión de alimento a carne, los productores deberán buscar en sus animales altas tasas de crecimiento sin excesiva deposición de grasa (Schinckel y De Lange, 1996). De acuerdo a De Greef y Verstegen (1993), en cerdos de 25 a 105 kg de peso vivo, el 57% de la deposición total de proteína se localizó en la fracción muscular, mientras que el 68% de la deposición de lípidos se localizó en partes no musculares (grasa dorsal, estómago, grasa recortada del jamón y la paleta, primeras cuatro costillas, grasa de la mandíbula inferior, cabeza, pies y cola) de la canal. En ese estudio, un aumento en el consumo de energía de 3.0 a 3.9 Mcal de energía metabolizable, adicional a los requerimientos de mantenimiento de 719 Mcal x peso vivo^{0.63}, originó una deposición extra de 42% de proteína y 75% de grasa en cerdos de 25 a 65 kg de peso vivo. En pesos vivos superiores a los 65 kg, la deposición adicional sobre el promedio fue de 71% para proteína, y de 82% para grasa.

2.5.2 Caracterización del crecimiento de cerdos alimentados con dietas a base de sorgo-harina de soya

La producción de carne animal, tradicionalmente se ha establecido en términos de tasa de eficiencia (alimento consumido : ganancia de peso) y composición

del cuerpo o ganancia de peso de la canal (Bell et al., 1987). Bajo condiciones ideales, se alcanzan altas tasas de crecimiento (1.16 kg/día) y conversión alimenticia (1.54:1) de los 25 a los 52 kg de peso vivo; así como ganancias diarias promedio de 1.1 kg/día con 2.44:1 de conversión alimenticia de los 25 a los 118 kg de peso vivo (Palmer et al., 1993 citados por Schirckel y De Lange, 1996).

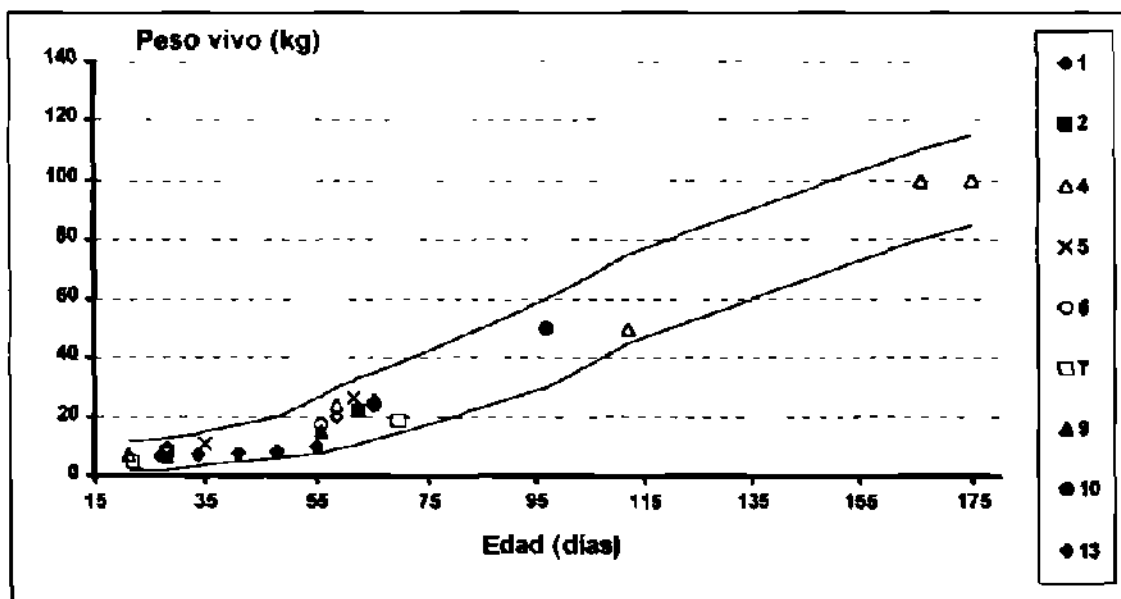


Figura 1. Crecimiento de cerdos alimentados con dietas a base de sorgo y harina de soya.

Fuentes: 1) Gómez et al., 1997; 2) Smith et al., 1996; 4) Lizardo et al., 1995; 5) Brudevold y Southern, 1994; 6) Saldana et al., 1994; 7) Healy et al., 1994; 9) Hansen et al., 1993a; 10) Hansen et al., 1993b; 11) Mitaru et al., 1984.

Como se aprecia en el Cuadro 3, durante la primera semana después del destete (27 días de edad) y hasta los 8 kg de peso vivo, el crecimiento de los cerdos frecuentemente se detiene, o el aumento de peso se mantiene bajo, con 0.082 a 0.099 kg/día, con un consumo de alimento de 0.085 a 0.199 kg/día, y una conversión alimenticia de 2.86:1 (Gómez et al., 1997). Posteriormente, en la fase de recría, comprendida entre los 8 y 22 kg de peso (28 a 63 días de edad) el ADP es de 0.392 a 0.518 kg/día, con un consumo de alimento de

0.765 a 1.036 kg/día, y una conversión alimenticia entre 2.05:1 y 2.12:1 (Mitaru *et al.*, 1984; Smith *et al.*, 1996; Brudevold y Southern, 1994) (Figuras 1 y 2).

Cuadro 3. Crecimiento de cerdos alimentados con raciones a base de sorgo-harina de soya (promedio de machos y hembras en cada reporte)

Autores	Cita ^a N°	Rango de peso vivo (kg)	ADP (kg/día)	Consumo (kg/día)	Conversión
Healy <i>et al.</i> , 1994	7	5.0 - 19.0	0.293	0.338	1.15
		19.0 - 27.0	0.401	0.661	1.65
		5.0 - 27.0	0.358	0.532	1.49
Hansen <i>et al.</i> , 1993b	10	6.5 - 15.4	0.319	0.532	1.67
Saldana <i>et al.</i> , 1994	6	6.5 - 17.4	0.390	0.620	1.59
		58.0 - 96.0	0.910	2.970	3.23
Gómez <i>et al.</i> , 1997	1	6.7 - 7.3	0.082	0.199	2.38
		7.3 - 8.0	0.099	0.277	2.86
		8.0 - 9.5	0.213	0.390	1.79
Lizardo <i>et al.</i> , 1995	4	7.0 - 26.0	0.433	0.669	1.55
		25.0 - 50.0	0.468	1.280	2.78
		27.0 - 100	0.675	2.030	3.02
		50.0 - 100	0.927	2.009	3.26
Smith <i>et al.</i> , 1996	2	8.2 - 22.0	0.392	0.830	2.12
Mitaru <i>et al.</i> , 1984	13	9.0 - 20.0	0.364	0.765	2.08
Brudevold y Southern, 1994	5	10.7 - 26.1	0.57	1.140	2.00
Crenshaw <i>et al.</i> , 1984	12	18.0 - 45.0	0.630	1.610	2.57
		45.0 - 95.0	0.710	2.420	3.43
		18.0 - 95.0	0.680	2.160	3.15
Owen <i>et al.</i> , 1994	8	22.0 - 52.0	0.960	2.210	2.30
		52.0 - 78.0	0.950	2.920	3.09
		78.0 - 109	0.990	3.360	3.40
		22.0 - 109	0.970	2.810	2.92
Hansen <i>et al.</i> , 1993a	9	24.0 - 50.0	0.826	2.040	2.47
Giessemann <i>et al.</i> , 1990	11	50.0 - 100	0.950	3.370	3.57
Ward y Southern, 1995	3	51.8 - 121	1.050	3.460	3.33

^aNúmero correspondiente en las Figuras 1 y 2.

En la etapa de crecimiento, comprendida entre los 66 a 97 días de edad, con 22 a 50 kg de peso vivo, el aumento diario de peso es de 0.826 a 0.960 kg/día, consumo de alimento de 2.040 a 2.210 kg/día, y conversión alimenticia de 2.30:1 - 2.57:1 (Hansen et al., 1993a; Owen et al., 1994). Durante la etapa de finalización, entre los 95 a 166 días de edad, con un rango de pesos de 50 a 100 kg de peso vivo, el ADP es de 0.927 a 0.950 kg/día, consumo de alimento de 2.009 a 3.370 kg/día, y conversión alimenticia entre 3.26:1 y 3.57:1 (Lizardo et al., 1995; Ward y Southern, 1995) (Figuras 1 y 2).

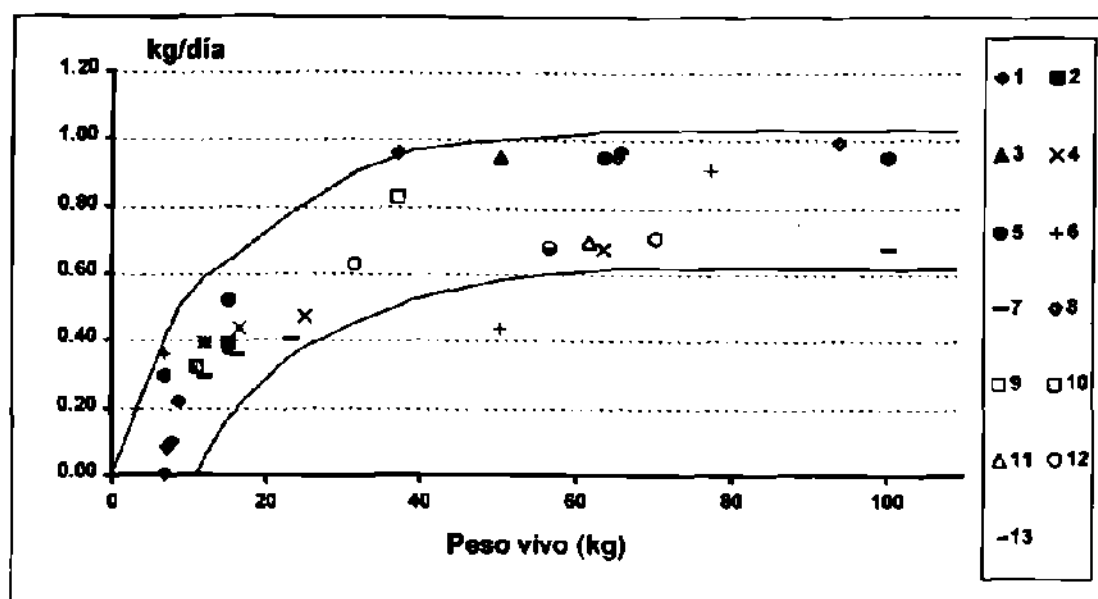


Figura 2. Aumento diario de peso de cerdos alimentados con raciones a base de sorgo y harina de soya.

Fuentes: 1) Gómez et al., 1997, 2) Smith et al., 1996; 3) Ward y Southern, 1995, 4) Lizardo et al., 1995; 5) Brudevold y Southern, 1994; 6) Saldana et al., 1994; 7) Healy et al., 1994; 8) Owen et al., 1994; 9) Hansen et al., 1993a; 10) Hansen et al., 1993b; 11) Giessemann et al., 1990; 12) Crenshaw et al., 1984; 13) Mitaru et al., 1984.

La tasa máxima de crecimiento se observa entre los 50 y 109 kg peso, con aumentos de peso de 0.910 - 0.970 kg/día (Owen et al., 1994; Saldana et al., 1994; Lizardo et al., 1995; Ward y Southern, 1995) (Figura 2).

La gran variabilidad de los datos productivos mostrados en el Cuadro 3, indica la necesidad de buscar medidas en los aspectos de mejoramiento animal, sanidad, manejo y nutrición animal, con el fin de aprovechar de mejor manera el potencial de producción desarrollado en los últimos años para crecimiento de cerdos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción general del trabajo

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Marín de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (FAUANL), ubicado en el kilómetro 17 de la carretera Zuazua-Marín, en el Municipio de Marín, N. L., a 393 m.s.n.m., a 25° 53' de latitud norte y 100° 02' de longitud oeste. El clima, de acuerdo a la clasificación de Koppen modificado por García (1973), es semicálido subhúmedo con lluvia escasa todo el año (A)Cx', con un porcentaje de lluvias en invierno mayor a 18. La precipitación promedio anual es de 600 a 800 mm, con la precipitación mensual máxima en septiembre con 160 a 170 mm, y en enero se presenta la mínima que tiene un rango de 15 a 20 mm. Con temperatura media anual de 22-24°C, presentando en julio la temperatura media más alta, 29 a 30°C; y la temperatura menor se observa en diciembre y enero, con valores entre 14 y 15°C (INEGI, 1984).

Se analizaron 28 muestras de sorgo y 31 muestras de harina de soya, colectadas de las remesas recibidas en la planta de alimentos balanceados Marín de la FAUANL, durante el periodo de octubre de 1995 a septiembre de 1997, para determinar la variación en la composición nutritiva de estos ingredientes, así como de las raciones experimentales en las cuales estos fueron incluidos.

Dos experimentos fueron realizados para evaluar el comportamiento productivo de cerdos en crecimiento alimentados con dietas a base de sorgo-harina de soya. Se probó la utilización de un sistema de alimentación basado en el análisis de la composición química (Sistema de Alimentación LAB) en base a materia seca, proteína cruda, cenizas, fibra detergente neutro y extracto etéreo

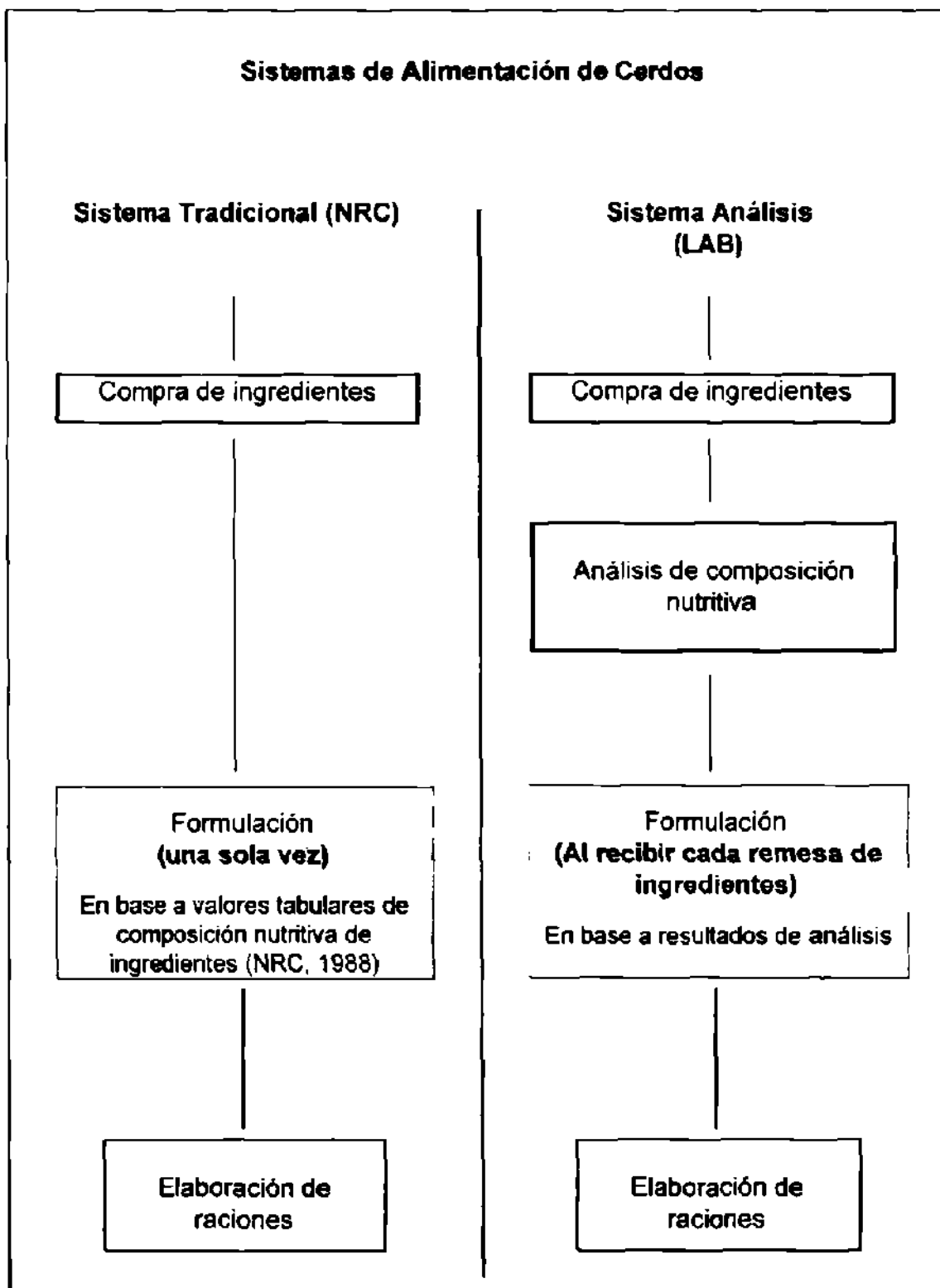


Figura 3. Diagrama de flujo de los sistemas experimentales de alimentación.

del sorgo y de la harina de soya, recibidos en cada remesa. Con los resultados de éstos análisis, se formularon raciones para cerdos en crecimiento y finalización ofrecidas a los animales (Figura 3). El sistema a comparar fue el basado en la formulación de raciones de similar contenido nutritivo, considerando la composición nutritiva de los ingredientes publicada por el NRC (1988). Por razones de abreviatura, se denominará a este tratamiento Sistema de Alimentación NRC.

En la Figura 3, se muestra como el sistema LAB propone el análisis de la composición química de cada una de las remesas de sorgo y harina de soya compradas en la granja, cada 15 días aproximadamente, y con los resultados de esos análisis elaborar las raciones. El sistema de alimentación NRC considera la formulación de las raciones una sola vez durante toda el período de alimentación.

3.2 Composición nutritiva de ingredientes y dietas experimentales

3.2.1 Análisis de la composición química

Se determinó la composición química de 28 muestras de sorgo y 31 muestras de harina de soya, así como de 18 raciones experimentales.

Las muestras de ingredientes almacenados a granel, fueron tomadas del flujo del tomillo sinfín transportador, a nivel de la boca del molino. Cuando los ingredientes o raciones estaban ensacados, la muestra se tomó del tercio superior de los sacos, después de remover aproximadamente 10 cm del contenido. Se molieron en un molino Wiley con malla de 2 mm y se analizaron inmediatamente.

Los análisis de la composición química de las muestras se realizaron por duplicado, bajo la metodología de la Association of Official Analytical Chemists

(AOAC, 1990). Los análisis consistieron en la determinación del contenido de materia seca, cenizas, proteína cruda ($N \times 6.25$) y extracto etéreo por el método Goldfish. El contenido de fibra detergente neutro fue determinado de acuerdo a Van Soest et al. (1991).

El contenido de energía metabolizable de las muestras analizadas de los ingredientes y dietas, se calculó en base a su composición química con la siguiente fórmula propuesta por Noblet y Pérez (1993):

$$EM = 4,194 - 9.2 \times C + 1 \times PC + 4.1 \times EE - 3.5 \times FDN$$

donde:

EM = energía metabolizable (kcal/kg MS)

C = cenizas (g/kg MS)

PC = proteína cruda (g/kg MS)

EE = extracto etéreo (g/kg MS)

FDN = fibra detergente neutro (g/kg MS)

3.2.2 Variación de la composición química de los ingredientes

La medición de la composición nutritiva de los ingredientes sorgo y harina de soya, incluyó una medida de tendencia central, la media aritmética, y medidas de dispersión. Para determinar la variación de la composición química de los ingredientes, se determinó la varianza entre muestras de los contenidos analizados de nutrientes, mediante el cálculo de la desviación estándar y coeficiente de variación. Los valores de dos repeticiones, fueron analizados estadísticamente para comprobar la precisión de la logística de los análisis.

3.2.3 Variación de la composición nutritiva de las raciones experimentales

En las raciones NRC los valores tabulares (NRC, 1988) de la composición química del sorgo y de la harina de soya, que habían sido considerados al formular las raciones del tratamiento NRC, se sustituyeron con valores analizados de la composición química de esos ingredientes durante el período experimental completo. Los contenidos de proteína cruda y energía metabolizable de 30 raciones, 18 de crecimiento y 12 de finalización, fueron recalculados. Con esos valores, se obtuvieron las desviaciones de los valores recalculados en relación a lo formulado.

La composición química de 28 raciones, 7 de crecimiento y 7 de finalización en dos tratamientos, fue obtenida mediante análisis de laboratorio. Las diferencias entre la composición química formulada y la analizada fue obtenida. De esta manera se obtuvo la desviación entre lo formulado y lo analizado en las dietas experimentales.

3.3 Predicción del contenido de aminoácidos del sorgo y harina de soya a partir de la proteína cruda

En este estudio, se proponen ecuaciones de predicción del contenido de aminoácidos en base al contenido analizado de proteína cruda de los ingredientes. Los modelos se elaboraron a partir de una base de datos de 30 reportes de análisis del contenido de proteína cruda, lisina, metionina, treonina y triptofano del sorgo y de la harina de soya, publicados en revistas científicas (Cuadros A2 y A3 del apéndice).

Para obtener las ecuaciones de predicción, los datos de la literatura se sometieron a un análisis de regresión. Los modelos obtenidos se aplicaron a la base de datos para obtener valores calculados de contenido de aminoácidos en

base al contenido de proteína cruda. Para evaluar las ecuaciones obtenidas, los contenidos calculados de aminoácidos, se contrastaron con los valores obtenidos utilizando los modelos de regresión publicados por Wicker (1991) y Kidd *et al.* (1996), así como a partir de un índice o proporción proteína:aminoácidos, estimado con valores tabulares (NRC, 1988) (ver Cuadro A3 del apéndice). Un análisis estadístico fue efectuado para comparar los valores obtenidos con los diferentes modelos (ver capítulo 3.7).

3.4 Calidad de la harina de soya

Para determinar la calidad de la harina de soya, se efectuaron análisis de la actividad ureásica (Close y Menke, 1986) y solubilidad de la proteína (Araba y Dale, 1990) de muestras de harina de soya, de siete diferentes remesas compradas por la Planta de Alimentos Balanceados Marín de la FAUANL.

3.5 Digestibilidad *in vitro* de ingredientes y dietas experimentales

Se efectuó un análisis de digestibilidad *in vitro* de la materia seca y proteína cruda de 6 muestras de sorgo, 7 de harina de soya y 18 dietas (10 de crecimiento y 8 de finalización), utilizando el método multienzimático de Boisen (1991). Este método consiste en una digestión péptica del alimento a pH 2.0 durante seis horas, seguida de una digestión con enzimas pancreáticas porcinas a pH 6.8 durante 18 horas.

3.6 Prueba de campo

La prueba de campo se dividió en dos experimentos de alimentación de cerdos, en los cuales se evaluó el efecto de elaborar las raciones en base a valores de la composición química del sorgo y de la harina de soya analizados en el laboratorio, contra formular en base a valores tabulares (NRC, 1988).

3.6.1 Animales

Se utilizaron un total de 208 cerdos cruzados Landrace/Yorkshire x Duroc o Hampshire (104 machos castrados y 104 hembras), procedentes de la Posta Porcina Comercial de la FAUANL, con una edad inicial de 81 ± 9 días. El peso inicial fue de 23.6 kg, y el peso final fue de 92.7 kg. En los dos experimentos, los animales se alojaron en grupos de 6 o 7 cerdos en corrales con piso de cemento, y fueron mantenidos durante la prueba a temperatura ambiente. Los animales tuvieron acceso libre al agua y al alimento en todo el período experimental. El agua se proporcionó por medio de bebederos de chupón, y el alimento se dio en forma de harina, en comederos de tolva con tapa.

3.6.2 Protocolo para el Experimento 1

El experimento 1 se efectuó de Marzo a Noviembre de 1996. Inicialmente 56 machos castrados y 56 hembras, fueron asignados al azar a 16 grupos de 7 cerdos separados por sexo, para ser alimentados con uno de dos tratamientos. La composición nutritiva de las dietas experimentales para cada etapa de crecimiento se muestran en los Cuadros 4 y 5.

Se determinaron los datos de producción de los cerdos entre los 23 - 75 kg de peso vivo para la etapa de crecimiento, y entre los 75 - 95 kg de peso vivo para la etapa de finalización. Al final de cada etapa, se obtuvieron los datos promedio de aumento diario de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de los grupos asignados a las diferentes dietas experimentales.

3.6.3 Protocolo para el Experimento 2

El Experimento 2 se llevó a cabo de febrero a septiembre de 1997. Se utilizaron un total de 96 cerdos, 48 machos castrados y 48 hembras, que fueron alojados al azar en 16 grupos de 6 animales cada uno (3 machos castrados

Cuadro 5 Composición de las raciones de finalización del Experimento 1, en base tal como ofrecido (kg/ton)

Ingredientes	Raciones LAB				Ración NRC
	6/07/98	11/07/98	18/07/98	5/09/98	
Sorgo	736.2	747.0	778.0	762.0	735.0
Harina de soya	162.5	150.0	131.0	132.0	174.0
Salvado de trigo	10.0	19.5	10.7	8.0	14.6
Sebo de res	55.0	49.0	44.0	45.0	45.0
Lisina HCl	1.8	1.7	2.1	1.9	1.2
Metionina 98%	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8
Sal	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Fosfato dicálcico	12.5	12.3	12.9	13.0	11.6
Carbonato de calcio	9.9	10.2	10.0	10.2	10.3
Sulfato de cobre	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Premezcla de vit. y min.	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Premezcla de antibiótico	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Composición calculada (base tal como ofrecido)					
Energía metabolizable. Mcal/kg	3.33	Vit. A, U.I.	2400000	Cloruro de	Premezcla de antibióticos,
Proteína cruda, %	14.00	Vit. D ₃ , U.I.	600000	Colina, g	contiene lo siguiente por kg
Lisina, %	0.75	Vit. E, U.I.	4000	Zn, g	Sulfametacina, g
Metionina+cistina, %	0.50	Vit. K, g	0.6	Fe, g	Oxitetraciclina, g
Treonina, %	0.48	Riboflavina, g	1.6	Cu, g	Furasolidona, g
Triptofano, %	0.18	Vit B ₁₂ , mg	4.0	I, g	
Calcio, %	0.70	Niacina, g	6.0	Se, g	
Fósforo, %	0.55	Pantot. Ca, g	6.0	Co, g	
					80.0
					20.0
					18.0
					3.2
					0.2
					0.4
					0.4

Cuadro 6 Composición de las raciones de crecimiento del Experimento 2, en base tal como ofrecido (kg/ton)

Ingredientes	Raciones LAB							Ración NRC
	11/02/87	14/03/87	31/03/87	3/06/87	19/06/87	22/07/87	6/08/87	
Sorgo	690.0	750.0	755.0	674.0	715.0	734.0	716.0	695.0
Harina de soya	241.0	187.0	187.0	227.0	203.0	212.0	205.0	226.0
Salvado de trigo	15.0	19.0	17.0	36.4	9.1	10.2	35.1	10.8
Sebo de res	15.0	4.6	5.0	23.5	32.5	12.0	4.0	30.0
Lisina HCl	1.5	1.8	1.7	1.3	1.6	1.9	1.8	1.3
Metionina 98%	1.0	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.0
Sal	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Fosfato dicálcico	18.9	19.6	15.8	16.3	17.6	17.1	16.5	19.5
Carbonato de calcio	10.4	9.3	9.8	12.8	12.5	12.7	12.9	9.1
Sulfato de cobre	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Premezcla de vit. y min.	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Premezcla de antibiótico	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Composición calculada (base tal como ofrecido)								
Energía metabolizable, Mcal/kg	3.33	Vitaminas y minerales, contiene lo siguiente por kg			Premezcla de antibióticos, contiene lo siguiente por kg			
Proteína cruda, %	17.00	Vit. A, U.I.	2400000	Cloruro de Colina, g	Bacitracina, g			
Lisina, %	0.95	Vit. D ₃ , U.I.	6000000		80.0			
Metionina+cistina, %	0.63	Vit. E, U.I.	4000	Zn, g	20.0			
Treonina, %	0.53	Vit. K, g	0.6	Fe, g	18.0			
Triptofano, %	0.20	Riboflavina, g	1.6	Cu, g	3.2			
Calcio, %	0.60	Vit B ₁₂ , mg	4.0	1, g	0.2			
Fósforo, %	0.65	Niacina, g	6.0	Se, g	0.4			
		Pantot. Ca, g	6.0	Co, g	0.4			

Cuadro 7 Composición de las raciones de finalización del Experimento 2, en base tal como ofrecido (kg/ton)

Ingredientes	Raciones LAB					Ración NRC
	31/03/97	24/04/97	22/07/97	5/08/97	21/08/97	
Sorgo	780.0	741.0	782.0	765.0	790.0	797.0
Harina de soya	152.0	172.0	170.0	165.0	130.0	127.0
Salvado de trigo	26.8	29.0	11.2	31.48	29.8	29.4
Sebo de res	10.0	24.0	2.0	4.0	14.2	10.6
Lisina HCl	1.1	1.1	1.3	1.3	2.1	2.1
Metionina 98%	0.3	0.3	0.8	0.8	0.9	0.8
Sal	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Fosfato dicálcico	11.8	12.7	12.9	12.4	13.2	13.2
Carbonato de calcio	10.7	12.7	12.5	12.6	12.6	12.6
Sulfato de cobre	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Premezcla de vit. y min.	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Premezcla de antibiótico	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Composición calculada (base tal como ofrecido)						
Energía metabolizable, Mcal/kg	3.30	Vit. A, U.I.	2400000	Cloruro de	Premezcla de antibióticos, contiene lo siguiente por kg	
Proteína cruda, %	15.50	Vit. D ₃ , U.I.	600000	Colina, g	110.0	
Lisina, %	0.80	Vit. E, U.I.	4000	Zn, g	Pacitracina, g	
Metionina+cistina, %	0.50	Vit. K, g	0.6	Fe, g		
Treonina, %	0.41	Riboflavina, g	1.6	Cu, g		
Triptofano, %	0.20	Vit B ₁₂ , mg	4.0	I, g		
Calcio, %	0.70	Niacina, g	6.0	Se, g		
Fósforo, %	0.60	Pantot. Ca, g	6.0	Co, g		

y 3 hembras). La mitad de los grupos fueron asignados al Tratamiento 1 (Dietas LAB), y la otra mitad al Tratamiento 2 (Dietas NRC).

A diferencia del Experimento 1, en el Experimento 2 se trabajó con sexos mezclados y las raciones experimentales tuvieron un contenido de proteína cruda 1.5 unidades porcentuales mayor al de las raciones del Experimento 1 (Cuadros 6 y 7).

Se determinaron los datos de producción de los cerdos entre los 24 - 65 kg peso vivo para la etapa de crecimiento, y entre los 65 - 95 kg peso vivo para la etapa de finalización. Igual que en Experimento 1, los datos de producción se obtuvieron al final de cada etapa. Se evaluaron los datos promedio de aumento diario de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de los grupos asignados a las diferentes dietas experimentales.

3.6.4 Análisis general de las pruebas experimentales

Los datos de producción de los dos experimentos fueron analizados en forma conjunta, para determinar el efecto de las dietas experimentales sobre el aumento diario de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de los cerdos. Se tomó como factor adicional el grupo de animales empleados por período de prueba.

3.7 Análisis económico

Se realizó un análisis económico de los costos de aplicación del sistema aquí propuesto. El costo de aplicación del sistema LAB, se determinó en base al costo de las raciones (precios de ingredientes al mes de enero de 1998), conversión alimenticia de los cerdos, costo del análisis de la composición química de cada una de las remesas (2 por mes) del sorgo y harina de soya, y costo de formulación de las raciones.

En los dos sistemas de alimentación probados, se obtuvo el costo por kilogramo de cerdo producido, a partir del costo de las raciones y de la conversión alimenticia. Para obtener el costo por cerdo producido, se consideró el promedio de incremento de peso durante el período de prueba y el costo de alimentación por kilogramo de cerdo producido.

El número de vientres a partir del cual, de acuerdo con la eficiencia de producción de los cerdos por efecto de tratamiento, el costo de producción denota diferencia estadística, se determinó mediante un análisis de varianza. Para esto, se consideró el costo de producción por cerdo producido por mes y el número estimado de cerdos producidos por vientre por mes.

3.8 Análisis estadístico

Fueron calculados el promedio y el coeficiente de variación correspondientes a cada característica nutritiva analizada en el sorgo y harina de soya. Para asegurar la precisión de la aplicación de los análisis químicos, se efectuó un análisis de varianza con dos repeticiones por muestra analizada. Asimismo se llevó a cabo un análisis de correlación entre características determinantes del valor nutritivo de los ingredientes (Olivares, 1995).

Los contenidos de proteína cruda y aminoácidos esenciales fueron sometidos a un análisis de regresión, para obtener modelos de predicción del contenido de aminoácidos en base al contenido de proteína cruda en el sorgo y harina de soya. Asimismo, se realizó un análisis de varianza para evaluar la aplicación de las ecuaciones calculadas en el presente trabajo, en contraste con los valores obtenidos con la aplicación del índice proteína:aminoácidos, y otros dos modelos de predicción (Wicker, 1991; Kidd *et al.*, 1996).

Se efectuó un análisis de varianza para evaluar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y proteína cruda de 6 diferentes muestras de sorgo, 7 de harina de soya, y de 18 raciones (9 raciones LAB y 9 raciones NRC). Los valores de digestibilidad *in vitro* de los ingredientes y dietas, se sometieron a un análisis de correlación. Asimismo, se realizó un análisis de correlación entre la composición química y la digestibilidad *in vitro* de ingredientes y dietas experimentales.

La evaluación estadística de los datos en la prueba de campo, se realizó mediante un análisis de varianza para un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con 2 tratamientos en 2 sexos en el Experimento 1. Para el Experimento 2 se utilizó un diseño de bloques al azar (Olivares, 1995). Asimismo, se realizó un análisis de varianza para un diseño completamente al azar en la evaluación conjunta de los dos experimentos. El peso y la edad iniciales fueron utilizados como covariables para aumento diario de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia en todos los análisis de varianza de las pruebas experimentales. En todas las pruebas estadísticas se utilizó el paquete estadístico SPSS 5.0 (1992) para el análisis de los datos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Composición nutritiva de ingredientes y dietas

En este capítulo, se presenta la composición química promedio del sorgo y harina de soya en base a las muestras analizadas. Posteriormente, se describen las principales variaciones encontradas en los nutrientes analizados. La variación de la composición nutritiva calculada de las dietas experimentales, se compara con la composición química resultante de la sustitución de valores tabulares por valores analizados del sorgo y de la harina de soya.

4.1.1 Composición química de los ingredientes

El contenido promedio de la composición química de 28 muestras de sorgo y 31 muestras de harina de soya fue determinado, y los valores obtenidos fueron comparados con los promedios de estos nutrientes calculados de una base de datos elaborada con reportes de literatura científica (Cuadro A1 del apéndice).

El contenido promedio de materia seca de las 28 muestras de sorgo analizadas fue de 88.2%, con rango entre 85 y 90%. Los valores encontrados en la literatura revisada para este ingrediente, indican un contenido de humedad de entre 10 y 14% (Healy *et al.*, 1994; INRA, 1985). El contenido promedio de proteína cruda del sorgo (base seca) fue de 10.8%. Los valores de proteína cruda del presente trabajo, están en el rango reportado en la literatura (9.9 a 12.5% de proteína cruda) (Angelova *et al.*, 1989; Metayer *et al.*, 1993). El valor 3.4% de grasa cruda del sorgo, obtenido en este estudio, fue similar al valor de 3.3% reportado en la literatura (ver Cuadro A1 del apéndice).

El contenido de cenizas del sorgo analizado (1.8%), fue igual al contenido promedio reportado en la literatura (Cuadro A1 del apéndice). El rango de

Cuadro 8. Composición nutritiva en base seca del sorgo y de la harina de soya. DE = desviación estándar; CV = coeficiente de variación (%)

			Sorgo¹	Harina de soya²
Materia seca (%)	Promedio		88.2	90.5
	DE		1.3	0.8
	CV		1.5	0.9
	Rango		85.1 - 90.3	88.9 - 92.2
Proteína cruda (%)	Promedio		10.8	51.0
	DE		0.9	2.1
	CV		7.9	4.2
	Rango		9.3 - 12.9	46.4 - 54.8
Grasa cruda (%)	Promedio		3.4	1.0
	DE		0.6	0.9
	CV		18.5	83.4
	Rango		2.5 - 4.7	0.2 - 3.4
Cenizas (%)	Promedio		1.8	7.2
	DE		0.7	0.5
	CV		36.7	7.6
	Rango		1.2 - 4.0	6.3 - 8.7
Fibra detergente neutro (%)	Promedio		14.9	9.5
	DE		3.5	3.4
	CV		23.4	36.1
	Rango		9.0 - 22.2	4.0 - 17.7
Energía metabolizable (Mcal/kg)	Promedio		3.756	3.753
	DE		0.136	0.138
	CV		3.6	3.7
	Rango		3.523 - 3.988	3.462 - 3.924

¹n = 28 muestras de sorgo

²n = 31 muestras de harina de soya

valores de las muestras analizadas fue, sin embargo, mayor al reportado en diferentes fuentes bibliográficas (Cuadro 8 y Cuadro A1 del apéndice). El contenido de fibra detergente neutro del sorgo, 14.9%, determinado en este

estudio, se encuentra entre el rango de valores 10.9 y 23.0% reportados por el INRA (1985) y Sniffen *et al.* (1992), respectivamente.

El contenido promedio de energía metabolizable del sorgo calculado en este estudio (3.8 Mcal/kg MS), fue ligeramente superior al reportado por el INRA (1985), así como por Wiesemüller y Leibetseder (1993) (3.5 y 3.7 Mcal/kg MS, respectivamente).

La composición nutritiva promedio obtenida de las muestras de harina de soya, coincide con los valores reportados en la literatura para materia seca, proteína cruda, cenizas, y energía metabolizable (Cuadro 8 y Cuadro A1 del apéndice). La harina de soya analizada en el presente estudio mostró generalmente un contenido reducido de grasa (1.0%), que corresponde al tipo de harina de soya fabricada normalmente en Norteamérica (McIntosh *et al.*, 1986; NRC, 1988; Burgoon *et al.*, 1992). Por el contrario, en Europa es común encontrar harina de soya con contenido de grasa entre 2.3 y 9.3% (INRA, 1985; Villamide *et al.*, 1991). El contenido promedio de FDN obtenido en el presente estudio, 9.5%, fue 45.7% menor al valor promedio de 17.5% reportado en la literatura revisada (Cuadro A1 del apéndice), lo cual puede deberse a diferentes proporciones de cáscara de soya en el producto terminado.

4.1.2 Variación de la composición química de los ingredientes

La materia seca de las diferentes muestras analizadas de sorgo, presenta un coeficiente de variación de 1.52% (Figura 4). La muestra de sorgo analizada, con el menor valor de materia seca de 85.1%, contiene en comparación con el valor promedio de todas las determinaciones (88.2%), 31 g menos de materia seca por kilogramo de sorgo, lo cual tiene importancia desde el punto de vista económico. Esto equivale, en sólo un embarque de 40 toneladas, a 1.24 toneladas menos de materia seca, y de los nutrientes allí contenidos.

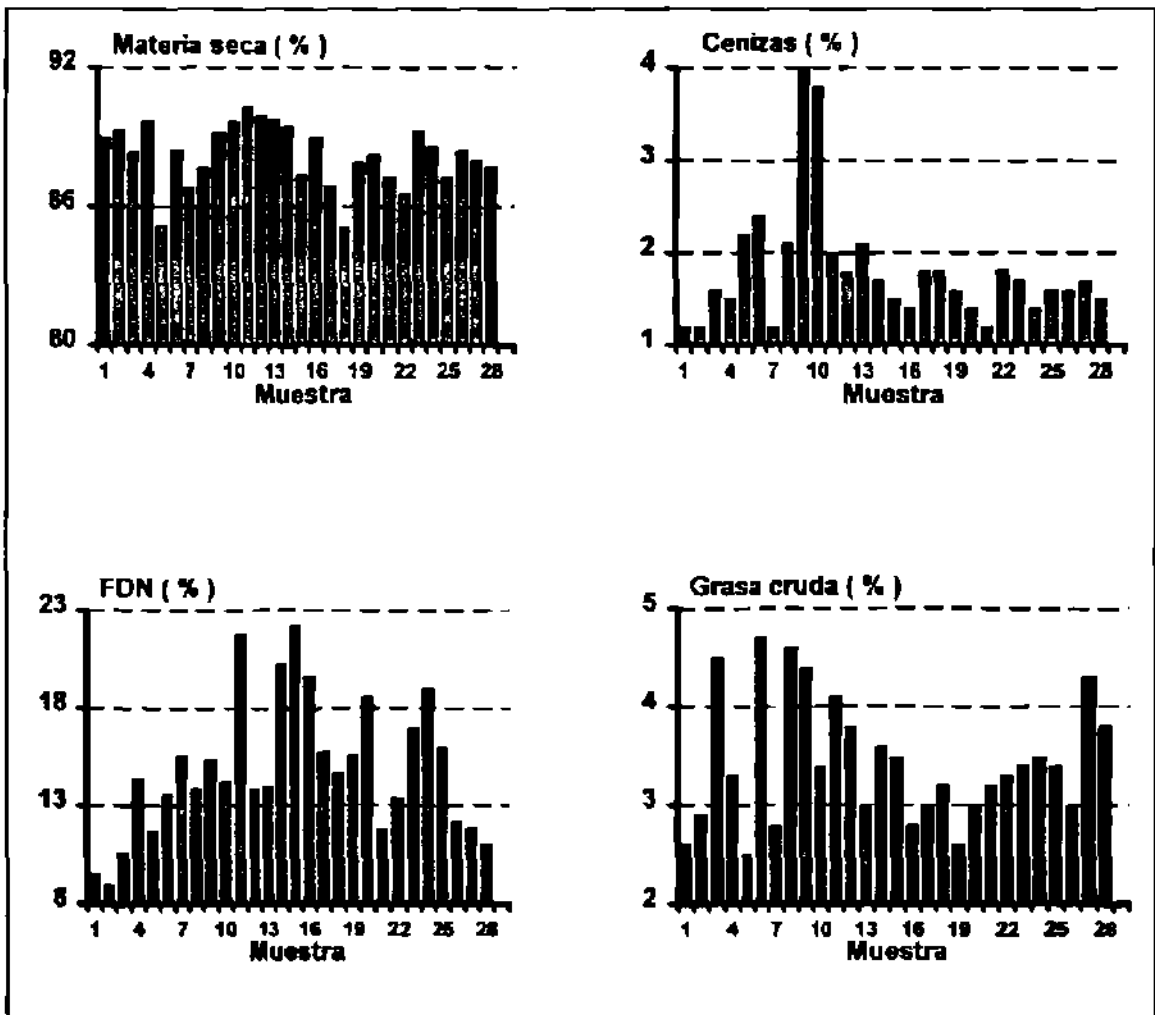


Figura 4. Contenido en base seca, de materia seca, cenizas, fibra detergente neutro (FDN) y grasa cruda de 28 muestras de sorgo.

La principal variación en la composición química de las 28 muestras analizadas de sorgo, se encontró en el contenido de cenizas, el cual varió entre 1.2 y 4.0%, el CV resultante fue de 36.7%. Un alto contenido de cenizas en una remesa particular, puede indicar contaminación del grano con tierra. Variación igualmente importante se registró en el contenido de FDN del sorgo. Los valores obtenidos (Figura 4), abarcaron entre 9.0 y 22.2% con un CV de 23.4%. De acuerdo a Noblet y Perez (1993) y Fialho *et al.* (1995), es importante considerar la variación en contenido de cenizas y FDN, debido a su influencia

sobre la digestibilidad de la proteína y de la energía de los ingredientes. El contenido de grasa cruda medido en las diferentes muestras de sorgo, mostró considerable variación de 2.5 a 4.7%, con un CV de 18.5 (Cuadro 8; Figura 4).

En la harina de soya, las muestras analizadas de 31 remesas recibidas, mostraron mayor variación en el contenido de grasa con un rango de 0.2 a 3.4% (Figura 5). El coeficiente de variación fue de 83.4%.

La fibra detergente neutro en las muestras de harina de soya fue de 4 a 17% (Figura 5), con un CV de 36.1%. Noblet *et al.* (1993) reportaron una reducción de los coeficientes de digestibilidad de la energía y de la proteína a razón de 1.0% y 0.7%, respectivamente, por cada 1% de FDN en dietas para cerdos.

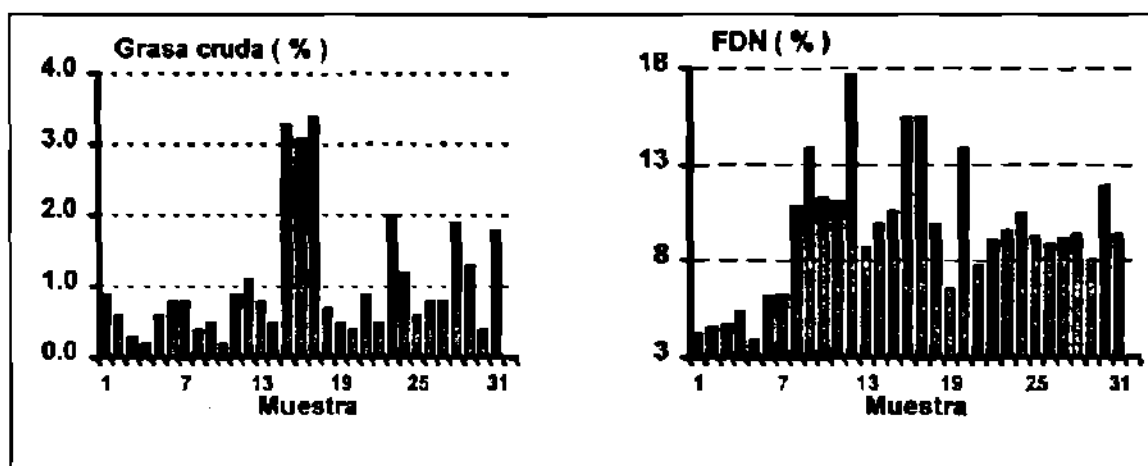


Figura 5. Contenido en base seca, de grasa cruda y fibra detergente neutro (FDN) de 31 muestras de harina de soya.

La variación en el contenido de proteína cruda de la harina de soya analizada (4.2%), adquiere importancia debido al carácter de concentrado proteico de este ingrediente. La diferencia registrada entre los valores extremos de proteína cruda equivale al 16% del contenido promedio de proteína (Figura 6). Con un contenido menor de proteína en la harina de soya, se hace necesario incluir

una mayor cantidad del ingrediente en la ración para cubrir los requerimientos nutricionales para el crecimiento de los cerdos. Un exceso ocasional de proteína en la ración debido a un mayor contenido proteico de la harina de soya, puede ocasionar disminución de la disponibilidad de la energía. Noblet y Pérez (1993), reportaron que por cada gramo de proteína cruda en la dieta, adicional a los requerimientos, el contenido de energía metabolizable se redujo en 0.7 kcal.

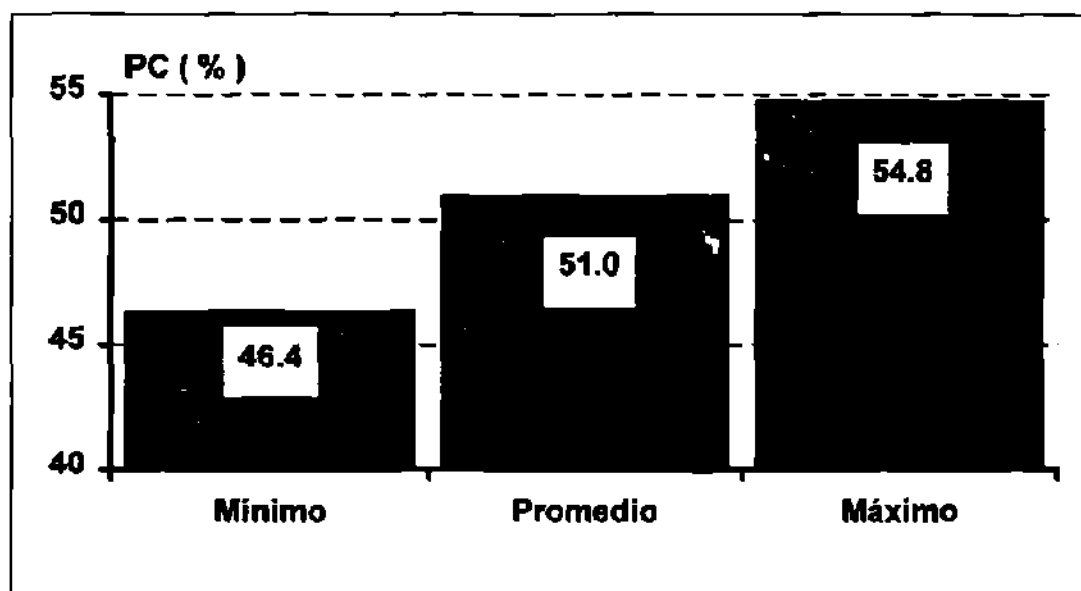


Figura 6. Contenido de proteína cruda (PC, % en base seca) de 31 muestras de harina de soya

Por otra parte, el análisis de correlación efectuado, mostró relación negativa entre el contenido de materia seca y de proteína cruda en el sorgo ($r = -0.36$; $p < 0.058$) y en la harina de soya ($r = -0.55$; $p < 0.001$).

La variación de la composición química conduce a diferencias en el contenido de energía de la harina de soya. Correlaciones negativas fueron reportadas por Noblet y Perez (1993), entre los valores del contenido de cenizas y FDN, con el

contenido energético de alimentos para cerdos. Los valores mínimo y máximo de energía metabolizable calculados aquí para la harina de soya, varían 8.0 y 4.5% respectivamente, en relación al contenido promedio (Cuadro 8; Figura 7).

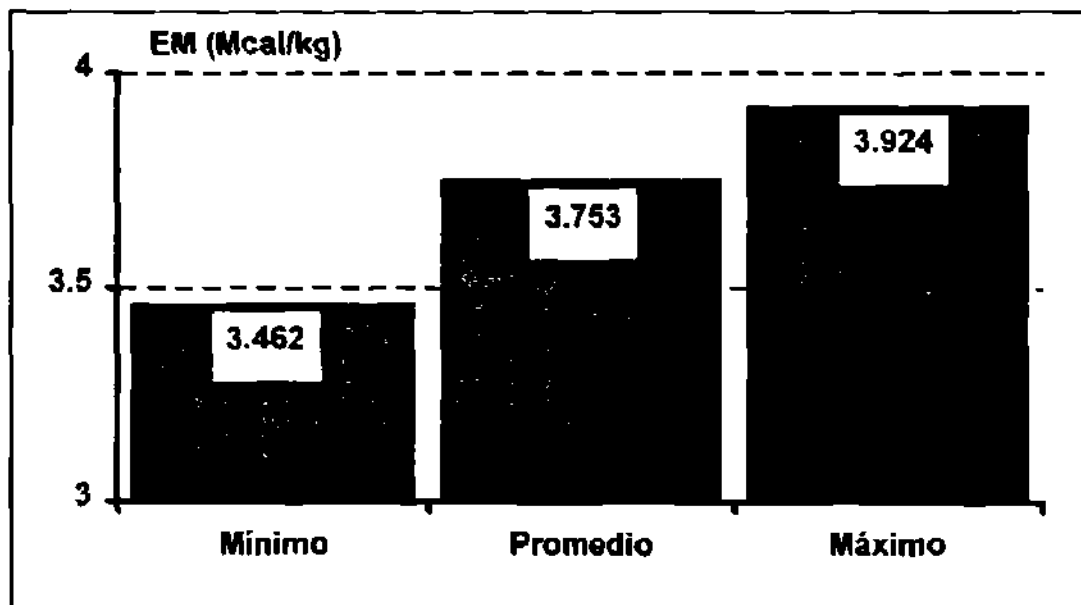


Figura 7. Contenido de energía metabolizable (EM, Mcal/kg de materia seca) de 31 muestras de harina de soya.

4.1.3 Variación de la composición nutritiva de las dietas experimentales

Para determinar la variación en la composición química de las raciones experimentales, los valores de la composición química del sorgo y de la harina de soya de las muestras analizadas durante el periodo experimental completo, fueron utilizados para sustituir los valores tabulares (NRC, 1988) que habían sido considerados al formular las 18 raciones de crecimiento y 13 de finalización del tratamiento NRC (ver 4.1.3.1). Posteriormente se comparó el valor nutritivo formulado con el analizado en raciones utilizadas en el Experimento 2 (ver 4.1.3.2). En total, 28 raciones fueron analizadas, 7 siete de crecimiento y siete de finalización de los tratamientos LAB y NRC.

4.1.3.1 Cálculo en base a la sustitución de valores tabulares con valores analizados del sorgo y de la harina de soya

La variación en la composición nutritiva del sorgo y harina de soya utilizados en este estudio, ocasiona una diferencia hasta 3.8% menor, y hasta 7.5% mayor al nivel de proteína calculado en las raciones de crecimiento NRC (Figura 8). En forma similar, valores extremos de -138 y +163 kcal en relación con el valor calculado en la formulación de las dietas, representan una diferencia de -3 a +5% en el contenido estimado de energía metabolizable de las dietas de crecimiento NRC (Figura 8).

En el caso de las dietas de finalización, la sustitución de los valores tabulares con los resultados de análisis de los ingredientes mencionados, resulta en valores extremos de 6.3% menores y 11.0% mayores al contenido esperado de proteína en las dietas NRC. El contenido de energía de las dietas, mostró valores hasta 4.8% menores a los calculados (Figura 9). Ward y Southern (1995) han encontrado diferencias de -5.6 a +10.2% en la proteína cruda reportada (NRC, 1988) y valores de análisis del sorgo; y valores 3.4% menores de proteína cruda en la harina de soya analizada con respecto a los valores del NRC. Esto afecta la composición de las dietas, ya que el sorgo y la harina de soya, son los componentes mayoritarios de las dietas para cerdos, y por lo tanto, son las principales fuentes de proteína (aminoácidos) y energía.

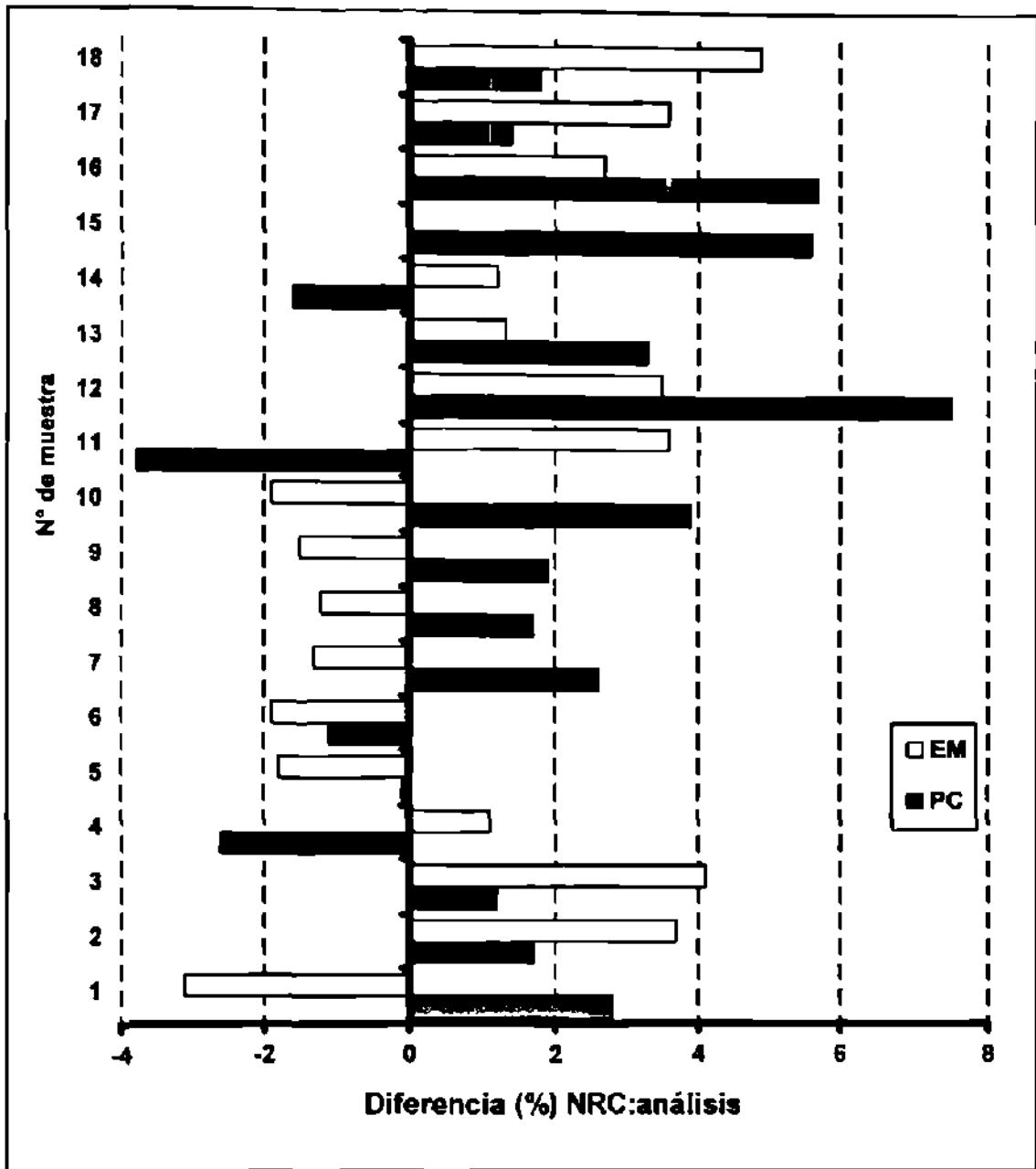


Figura 8. Diferencia en el contenido de proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) de las dietas de crecimiento del tratamiento NRC, al incluir los valores analizados de composición nutritiva de los ingredientes. Calculado como $[(\text{Contenido analizado} - \text{contenido formulado}) \div \text{contenido formulado}] \times 100$ (Ward y Southern, 1995).

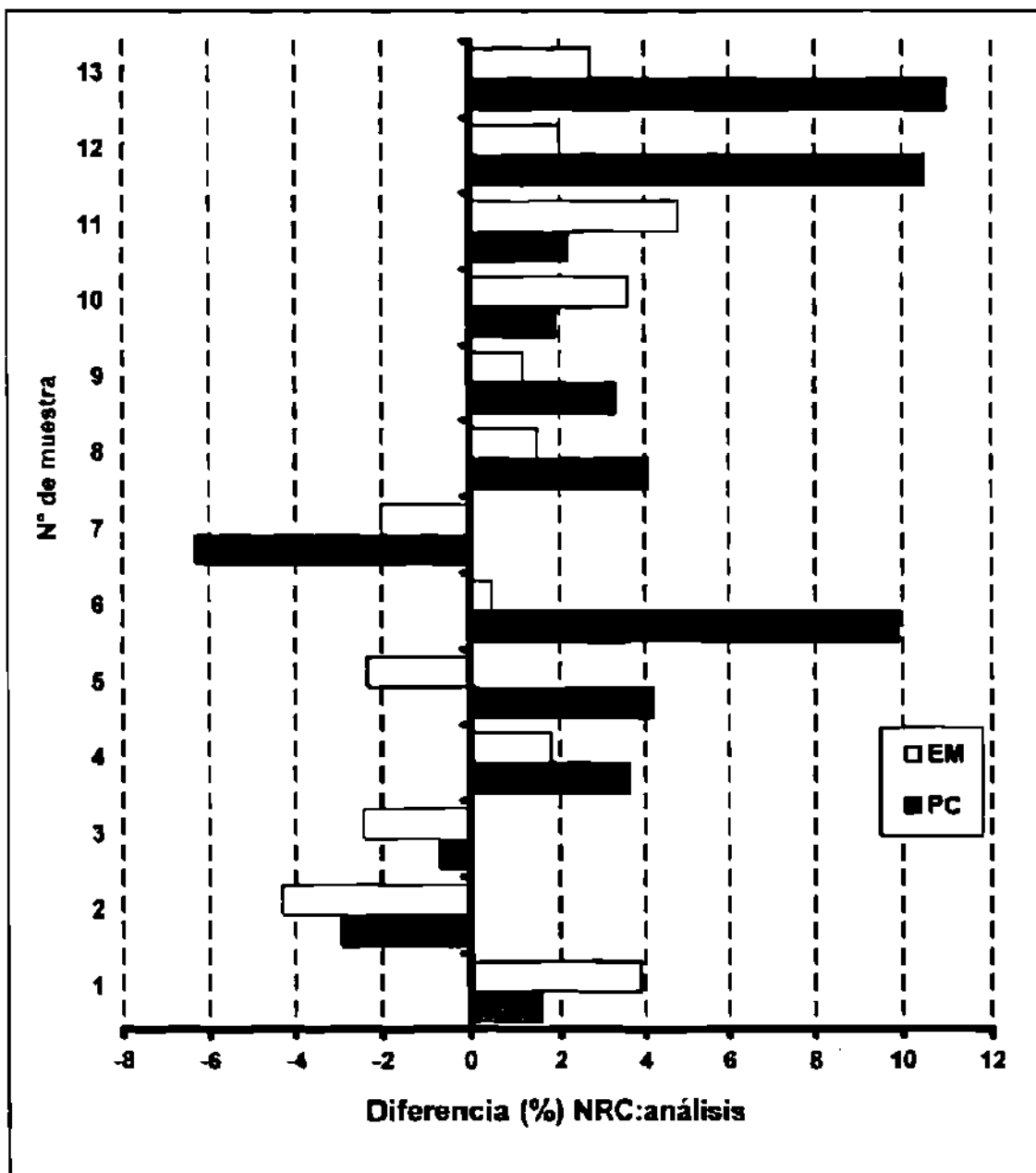


Figura 9. Diferencia en el contenido de proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) de las dietas de finalización del tratamiento NRC, al incluir los valores analizados de composición nutritiva de los ingredientes. Calculado como $[(\text{Contenido analizado} - \text{contenido formulado}) \div \text{contenido formulado}] \times 100$ (Ward y Southern, 1995).

4.1.3.2 Variación del contenido de proteína cruda y energía metabolizable de las raciones, en base a valores calculados y valores analizados

El análisis de la composición química de las raciones, mostró que hay mayor variación en aquellas pertenecientes al tratamiento NRC que en las raciones LAB, comparadas con la composición nutritiva calculada (Figura 10).

Las raciones NRC analizadas, mostraron valores de proteína cruda (Figura 10), hasta 19 y 22% más altos que los formulados, para las raciones de crecimiento y finalización, respectivamente.

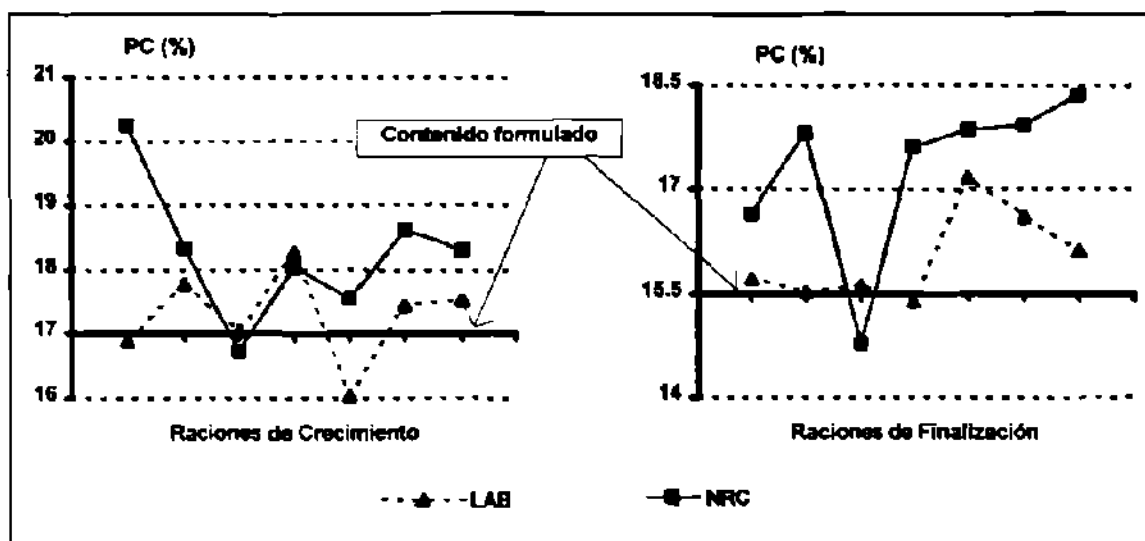


Figura 10. Contenido analizado de proteína cruda (%) en relación al contenido formulado, por etapa de crecimiento en las raciones experimentales. Experimento 2

En las raciones LAB, el contenido de proteína cruda analizado fue, con 17.3% para crecimiento y 16.3% para finalización, más cercano a lo formulado que en las dietas NRC, cuyos promedios de proteína cruda fueron 17.8% para crecimiento y 17.9% para finalización (Figura 10). El exceso de proteína puede

disminuir la disponibilidad de los aminoácidos. Li *et al.* (1993) reportaron una disminución lineal de la digestibilidad ileal de los aminoácidos en cerdos destetados, conforme se incrementó el contenido de proteína en dietas de 16.5 a 25.5%.

4.2 Predicción del contenido de aminoácidos esenciales a partir de la proteína cruda, en el sorgo y harina de soya

Se elaboró una base de datos con 30 reportes de la literatura científica de los contenidos de proteína cruda y los aminoácidos esenciales lisina, metionina, treonina y triptofano del sorgo y de la harina de soya, y se calculó el contenido promedio de proteína cruda y aminoácidos esenciales de esos ingredientes (Cuadro 9).

Los valores de los contenidos de aminoácidos esenciales y proteína cruda de los ingredientes de la base de datos (Cuadro A2 del Apéndice), se sometieron a un análisis de regresión y se obtuvieron ecuaciones de predicción para estimar la concentración de aminoácidos en la proteína del sorgo y de la harina de soya, a partir del contenido de proteína cruda de tales ingredientes (Cuadros 10 y 11).

Los contenidos de aminoácidos esenciales de la proteína cruda, estimados por medio de las ecuaciones de predicción aplicadas a la base de datos, se compararon con aquellos valores calculados mediante las ecuaciones de predicción propuestas por Wicker (1991) y Kidd *et al.* (1996), así como con los obtenidos por medio de una relación de los contenidos de proteína y aminoácidos, publicados por el NRC (1988) (Cuadros A2 y A3 del apéndice).

4.2.1 Contenido de aminoácidos en la proteína cruda

El contenido promedio de proteína cruda calculado de la base de datos, fue de 10.07%, para el sorgo, y 50.13% para la harina de soya. El coeficiente de variación fue mayor en el contenido de proteína cruda del sorgo que en la harina de soya (Cuadro 9).

Cuadro 9. Contenido en base seca de proteína cruda, lisina, metionina, treonina y triptofano del sorgo y harina de soya, de la base de datos del Cuadro A2 del Apéndice

	Proteína cruda (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Treonina (%)	Triptofano (%)
Sorgo					
n	30	30	20	30	19
Promedio	10.07	0.25	0.17	0.34	0.11
D.E.	0.86	0.03	0.03	0.04	0.02
C.V.	8.55	11.03	16.38	10.98	18.02
Harina de soya					
n	30	30	24	30	22
Promedio	50.13	3.13	0.69	1.98	0.66
D.E.	2.33	0.33	0.13	0.13	0.09
C.V.	4.64	10.65	18.73	6.78	12.92

n= número de datos disponibles; D.E. = desviación estándar; C.V. = coeficiente de variación

Fuentes: Asche *et al.*, 1985; AWT, 1987; Barbour *et al.*, 1995; Brudevold y Southern, 1994; Burgoon *et al.*, 1992; Fialho *et al.*, 1995; Hahn *et al.*, 1995; Hansen *et al.*, 1993 a y b; Healy *et al.*, 1994; Herkelman *et al.*, 1992; Li *et al.*, 1993; Lin *et al.*, 1987; Mamputu y Buhr, 1995; Owen *et al.*, 1994; Richert *et al.*, 1994; Rhône Poulenc, 1989; Saldana *et al.*, 1994; Schaffert *et al.*, 1974; Streeter *et al.*, 1993 a y b; Waibel *et al.*, 1995; Ward y Southern, 1995.

El mayor coeficiente de variación de los aminoácidos esenciales reportados para el sorgo y harina de soya, se encuentra en el contenido de metionina con un rango de 16 a 19%. Variación importante, se reporta en el contenido de triptofano con un CV de 18 y 13%, respectivamente para estos ingredientes (Cuadro 9).

La metionina y el triptofano, muestran el menor número de datos disponibles en la base de datos (Cuadro 9), tanto en el sorgo como en la harina de soya. lo cual puede deberse a las dificultades para su determinación, ya que con la hidrólisis ácida con HCl 6N, comúnmente empleada en la determinación de aminoácidos, el triptofano es destruido casi completamente y la metionina y cistina son parcialmente degradadas, por lo cual deben recibir un tratamiento diferente al resto de los aminoácidos para su detección (Llames y Fontaine, 1994; Williams, 1991; Williams, 1995).

4.2.2 Predicción del contenido de aminoácidos esenciales

El contenido de aminoácidos en la proteína, puede ser estimado mediante ecuaciones de predicción desarrolladas en base a análisis repetido de muestras de los ingredientes (Wicker, 1991; Kidd *et al.*, 1996). Otra posibilidad puede ser la determinación de ecuaciones de predicción en base a los contenidos de aminoácidos en la proteína cruda publicados en artículos científicos. En este estudio, se calcularon ecuaciones de predicción del contenido de aminoácidos en la proteína, a partir de datos del contenido de estos nutrientes en el sorgo y harina de soya reportados en la literatura (Cuadros 10 y 11).

4.2.2.1 Contenidos estimados de aminoácidos, por medio de las ecuaciones calculadas

El contenido promedio estimado de lisina en la proteína del sorgo, 0.25%, y de la harina de soya, 3.12%, fue muy similar al promedio obtenido a partir de la base de datos, 0.25 y 3.13% para sorgo y harina de soya, respectivamente (Cuadro 12). Las diferencias entre los valores estimados y los valores reportados en la literatura, fueron similares a las obtenidas con la aplicación del modelo propuesto por Kidd *et al.* (1996) (ver Cuadro A3 del apéndice).

Cuadro 10. Ecuaciones de regresión para estimar la concentración de aminoácidos esenciales del sorgo, % en base seca

AMINOÁCIDO	ECUACIÓN	n	R ²
Lisina	= 0.076578+0.017025(% PC)	30	0.28
Metionina	= 0.025609+0.014317(% PC)	20	0.13
Treonina	= 0.018621+0.031671(% PC)	30	0.43
Triptofano	= 0.110904-0.000575738(% PC)	19	0.001

n= número de reportes en la base de datos

El contenido de metionina en la proteína cruda, estimado con las ecuaciones obtenidas en este trabajo, fue de 0.17 y 0.71 para sorgo y para harina de soya, respectivamente, valores muy similares a los estimados con las ecuaciones propuestas por Wicker (1991) y Kidd *et al.* (1996), o con la utilización de una proporción proteína:aminoácidos (Cuadro 12). Se encontraron diferencias en un

rango de -0.04 a $+0.04$ puntos porcentuales en el contenido de aminoácidos reportado por la literatura y el contenido calculado mediante las ecuaciones de predicción para el sorgo. Para la harina de soya, las diferencias entre lo reportado y lo calculado fueron de 0.21 a 0.65 puntos porcentuales (ver Cuadro A3 del Apéndice).

Cuadro 11. Ecuaciones de regresión para estimar la concentración de aminoácidos esenciales de la harina de soya, % en base seca

AMINOÁCIDO	ECUACIÓN	n	R ²
Lisina	$= -0.030774+0.062700(\% \text{ PC})$	30	0.24
Metionina	$= 0.245449+0.009214(\% \text{ PC})$	24	0.03
Treonina	$= 0.610080+0.027188(\% \text{ PC})$	30	0.27
Triptofano	$= 0.204439+0.009003(\% \text{ PC})$	22	0.10

n= número de reportes en la base de datos

El contenido promedio estimado de treonina en la proteína del sorgo (0.34%) y harina de soya (1.98%), fue igual al promedio obtenido de la base de datos (Cuadro 12). Mediante la aplicación a la base de datos de los modelos de predicción de Wicker (1991) y Kidd *et al.* (1996), se obtuvieron valores de treonina en el sorgo 3% menores al promedio reportado (Cuadros 12 y A3 del Apéndice). En la harina de soya el modelo de predicción de Kidd *et al.* (1996) proporcionó valores 5.6% menores al promedio de la base de datos; y con el modelo de Wicker (1991), los valores obtenidos fueron 4% mayores al promedio de la literatura consultada (Cuadro 12 y A3 del Apéndice).

Cuadro 12. Contenido de aminoácidos reportado y estimado, del sorgo y de la harina de soya, % en base seca

Método de Cálculo	Aminoácidos ¹							
	Lisina	C.V.	Metionina	C.V.	Treonina	C.V.	Triptofano	C.V.
Sorgo²	0.25		0.17		0.34		0.11	
Este estudio	0.25	5.9	0.17	7.3	0.34	8.1	0.11	8.6
Kidd <i>et al.</i> , 1996	0.26	2.0	0.18	8.1	0.33	7.4	0.09	6.1
Wicker, 1991	0.23	5.1	0.17	6.6	0.33	7.6	0.11	8.6
NRC, 1988 ³	0.26	8.6	0.18	8.6	0.30	8.6	0.11	8.6
Harina de soya¹	3.13		0.69		1.98		0.66	
Este estudio	3.12	4.6	0.71	3.0	1.98	3.1	0.67	3.1
Kidd <i>et al.</i> , 1996	3.07	4.8	0.70	4.8	1.37	5.3	0.70	3.4
Wicker, 1991	3.32	3.9	0.78	3.1	2.06	3.4	0.68	3.5
NRC, 1988 ³	3.31	4.5	0.60	4.5	1.94	4.5	0.73	4.5

¹Contenido promedio estimado en la proteína cruda

²Los valores en esta hilera son el contenido promedio de aminoácidos obtenido a partir de los valores de la base de datos (n = 30 reportes de PC y aminoácidos)

³Valores calculados a partir de la proporción proteína cruda : aminoácidos tomada del NRC (1988)

C.V. = coeficiente de variación

En relación al triptofano, el contenido estimado de 0.11% en el sorgo es igual al promedio de la base de datos. Los valores calculados con la ecuación de Kidd *et al.* (1996), subestimaron en 18.2% el contenido de triptofano en el sorgo, en relación con el promedio de la base de datos tal como se observa en el Cuadro 12. En la harina de soya el valor estimado fue 1.5% mayor al promedio de la base de datos. Sin embargo, en la harina de soya los contenidos calculados de triptofano, fueron más cercanos al promedio publicado y mostraron menor variación que los obtenidos con las ecuaciones de Wicker (1991) y Kidd *et al.* (1996) (Cuadro 12).

Los contenidos estimados de los cuatro aminoácidos, en ambos ingredientes, mostraron mayor variación cuando fueron estimados mediante la relación proteína:aminoácidos del NRC (1988), que cuando se utilizaron para su cálculo los modelos de regresión.

4.2.2.2 Coeficientes de determinación (R^2), de las ecuaciones calculadas

Los modelos de predicción propuestos en este estudio, fueron calculados a partir de una base de datos del contenido de proteína cruda y aminoácidos del sorgo y harina de soya. La base de datos fue de tamaño $n = 30$, para proteína cruda, sin embargo, el número de datos varió para los aminoácidos (ver Cuadros 10 y 11).

En el sorgo, la ecuación de predicción del contenido de lisina a partir del contenido de proteína cruda obtenida en este trabajo, mostró un coeficiente de determinación (R^2) mayor al reportado por Kidd *et al.* (1996) ($R^2 = 0.28$ contra 0.07), pero menor que el $R^2 = 0.37$ reportado por Wicker (1991). En el caso de la harina de soya, el coeficiente de determinación obtenido en este trabajo, fue

menor que el reportado por Wicker (1991) para estimar el contenido de lisina, $R^2 = 0.24$ contra 0.32 , respectivamente.

El coeficiente de determinación del modelo de predicción del contenido de metionina a partir del contenido de la proteína cruda del sorgo, $R^2 = 0.13$, fue menor que el $R^2 = 0.79$ reportado por Kidd *et al.* (1996). Wicker (1991) reportó un valor de $R^2 = 0.12$ en la predicción del contenido de metionina a partir del contenido de proteína cruda de la harina de soya, valor considerablemente mayor al obtenido en este estudio ($R^2 = 0.03$).

El coeficiente de determinación de la ecuación de predicción del contenido de treonina a partir del contenido de proteína cruda del sorgo, $R^2 = 0.43$, fue menor que el $R^2 = 0.88$ reportado Wicker (1991) y Kidd *et al.* (1996). En forma similar, el coeficiente $R^2 = 0.27$, de la ecuación de predicción obtenida del contenido de treonina a partir de la proteína cruda de la harina de soya, fue menor que el $R^2 = 0.34$ reportado por Wicker (1991).

La ecuación obtenida para la predicción del contenido de triptofano, mostró un coeficiente de determinación de 0.001 . Wicker (1991) y Kidd *et al.* (1996), reportaron coeficientes considerablemente más altos, con R^2 de 0.37 y 0.35 , respectivamente. En el caso de la harina de soya, se obtuvo la ecuación de predicción del contenido de triptofano, con un coeficiente de determinación de 0.10 , similar al reportado por de Kidd *et al.* (1996), con R^2 de 0.11 .

Los resultados obtenidos en este estudio, permiten afirmar que es posible hacer una predicción confiable del contenido de lisina y treonina en la proteína del sorgo y harina de soya, mediante ecuaciones de regresión obtenidas a partir de datos de la literatura científica. Los modelos de regresión lineal para la

predicción del contenido de metionina y triptofano en la proteína del sorgo y harina de soya, tuvieron baja bajos coeficientes de determinación, pero proporcionaron valores similares a los obtenidos mediante la aplicación de otros modelos de regresión publicados por otros autores (Wicker, 1991; Kidd *et al.* 1996).

4.3 Calidad de la harina de soya

Los análisis efectuados para determinar la calidad de la harina de soya, fueron la actividad ureásica y la solubilidad en hidróxido de potasio de la proteína.

4.3.1 Actividad ureásica en la harina de soya

La medición de la actividad ureásica, basada en el cambio de pH de una muestra de harina de soya adicionada con urea, ha sido una de las pruebas *in vitro* más ampliamente utilizadas para determinar la calidad de este ingrediente (Parsons *et al.*, 1991). De acuerdo a Vohra y Kratzer (1991), esta determinación permite identificar remesas de harina de soya que no recibieron un adecuado tratamiento térmico.

En este trabajo, se analizaron siete muestras de harina de soya de diferentes remesas recibidas en la Planta de Alimentos Balanceados Marín de la FAUANL, provenientes de un proveedor único. El índice de actividad ureásica promedio de las muestras analizadas de harina de soya fue 0.17 ± 0.06 (Cuadro 13). En la industria alimentaria de Estados Unidos de América, la elevación máxima permitida de ureasa es de 0.2 unidades de pH, aunque en Europa se acepta un valor hasta de 0.5 unidades de pH (Waldroup *et al.*, 1985). Los valores obtenidos en este estudio están muy cercanos al límite inferior del rango mencionado (Cuadro 13). De acuerdo a esos criterios, las diferentes remesas analizadas no están subcalentadas (Waldroup *et al.*, 1985).

Cuadro 13. Índice de actividad ureásica y solubilidad de la proteína de siete remesas de harina de soya recibidas en la FAUANL de un proveedor único

Remesa	Actividad ureásica (cambio de pH)	Solubilidad en KOH de la proteína (%)
1	0.23	83.2
2	0.13	79.6
3	0.15	76.5
4	0.17	72.4
5	0.27	79.3
6	0.17	89.4
7	0.10	93.9

Los datos de actividad ureásica de la proteína de la harina de soya obtenidos en el presente estudio, fueron menores a 0.27 unidades de cambio de pH (Cuadro 13), lo cual indica que fueron tratadas con calor. Dale y Araba (1990) reportaron una clara tendencia a disminuir los índices de actividad ureásica conforme se incrementa el tiempo de calentamiento. Con ello, se puede deducir una inactivación adecuada de factores antinutricionales presentes en la soya cruda (Dale y Araba, 1990).

Algunas harinas de soya presentan valores de actividad ureásica de cero a diferentes tiempos de calentamiento (Dale y Araba, 1990; Parsons *et al.*, 1991). Por ello, para poder detectar en forma confiable un calentamiento excesivo (sobreprocesamiento), es necesario determinar la solubilidad de la proteína de la harina de soya en KOH.

4.3.2 Solubilidad de la proteína de la harina de soya en hidróxido de potasio (KOH)

Se determinó la solubilidad de la proteína en hidróxido de potasio (KOH 0.2%) de siete diferentes remesas de harina de soya, utilizadas durante la prueba experimental para la elaboración de las dietas para cerdos en crecimiento. La solubilidad en KOH ha demostrado ser un buen indicador para detectar el sobrecalentamiento de harinas de oleaginosas (Araba y Dale, 1990; Fernández *et al.*, 1993), y está relacionada con la eficiencia de utilización del alimento en cerdos y aves (Parsons *et al.*, 1991).

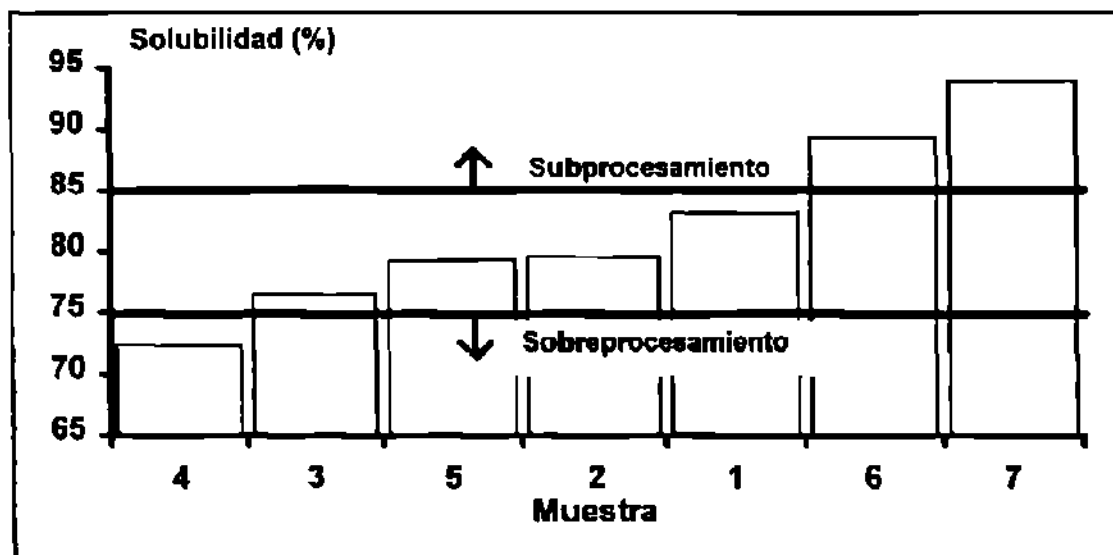


Figura 11. Solubilidad en hidróxido de potasio de la proteína de siete remesas de harina de soya.

La solubilidad promedio de las siete muestras analizadas fue de $82.0 \pm 7.4\%$ (Figura 11). Sin embargo, se encontraron valores extremos de 71.9 y 93.9%, los cuales de acuerdo a Dale y Araba (1990) indican sobreprocesamiento y subprocesamiento, respectivamente (Cuadro 13; Figura 11). La solubilidad de la proteína de la harina de soya disminuye conforme aumenta el tiempo de

calentamiento (Dale y Araba, 1990). Parsons *et al.* (1991), reportan que la solubilidad de la proteína siempre cambia conforme cambia el tiempo de calentamiento, a diferencia de la actividad ureásica, la cual algunas veces no se detecta en harinas de soya con diferentes tiempos de calentamiento. Por otra parte, se ha reportado una disminución en la eficiencia alimenticia en cerdos alimentados con harina de soya con solubilidades menores a 66% (Parsons *et al.*, 1991). Dale y Araba (1990), mencionan que el rango de solubilidad de la harina de soya, indicador de un buen procesamiento, es de 75 a 85%.

4.5 Digestibilidad *in vitro* de los ingredientes y dietas experimentales

La digestibilidad *in vitro* de la proteína del sorgo fue medida en siete diferentes muestras, utilizando el método propuesto por Boisen (1991). Los valores obtenidos (Cuadro 14) fueron 30 a 35 puntos porcentuales menores a los valores de digestibilidad ileal reportados por otros autores (Cousins *et al.*, 1981; Owsley *et al.*, 1981). Boisen y Fernández (1995), determinaron valores de 78.8 a 95.6% de digestibilidad *in vitro* de la proteína cruda de nueve ingredientes (cebada, trigo, pasto, avena, harina de soya, harina de colza, harina de girasol, harina de pasto, y chicharo), pero en sorgo no se ha determinado la digestibilidad *in vitro* utilizando esta metodología.

Es posible que los valores bajos de la digestibilidad *in vitro* del sorgo, determinados en este estudio, se deban a factores antinutricionales, principalmente taninos (Lizardo *et al.*, 1995), que interfieren con la metodología empleada. De acuerdo con Cousins *et al.* (1981), el contenido de taninos influye sobre la digestibilidad ileal de la materia seca, energía bruta y nitrógeno en cerdos de 25 y 50 kg de peso vivo. El efecto de los taninos también fue estudiado por Lizardo *et al.* (1995), quienes observaron que la digestibilidad ileal aparente de la energía y nitrógeno dietéticos, estuvo correlacionada

negativamente con el nivel de taninos provenientes del sorgo, cuando estos excedieron 2.5 g/kg en dietas para cerdos de 56 días de edad.

Cuadro 14. Digestibilidad de la proteína cruda del sorgo y harina de soya¹

	Digestibilidad (%)
Sorgo	
Este estudio (n = 6)	42.7
Cousins <i>et al.</i> , 1981	72.3
Owsley <i>et al.</i> , 1981	77.8
Harina de soya	
Este estudio (n = 7)	84.1
Rhône Poulenc, 1989	80.0
Yin <i>et al.</i> , 1993a	82.0

¹La digestibilidad obtenida en este estudio es digestibilidad *in vitro*, analizada por duplicado.

En la práctica, el efecto de la reducida digestibilidad de la materia seca y nitrógeno por efecto del contenido de taninos del sorgo, se ha contrarrestado, en parte, con el molido fino del grano (Owsley *et al.*, 1981; Giesemann *et al.*, 1990), o con mayores cantidades de proteína cruda en dietas a base de sorgo bajas en proteína (Schaffert *et al.*, 1974). Posiblemente, los taninos contenidos en el sorgo, interactúan precipitando proteínas, ya que de acuerdo a Hagerman *et al.* (1992), los taninos precipitan la proteína a pH menores de 9.0, y en este estudio el pH máximo de la solución buffer al momento de adicionar la pancreatina fue de 6.8.

La digestibilidad *in vitro* de proteína medida en la harina de soya fue de 84.1%, y con ello, 8 unidades porcentuales menor que la medida con esta misma metodología (Boisen, 1991), pero similar a la digestibilidad ileal aparente del 78% reportada por Boisen y Fernández (1995).

En la Figura 12, se observa similitud entre la digestibilidad *in vitro* de la materia seca de la harina de soya determinada en este estudio, y la reportada por Boisen (1991) siendo los valores 70.2 y 69.0%, respectivamente.

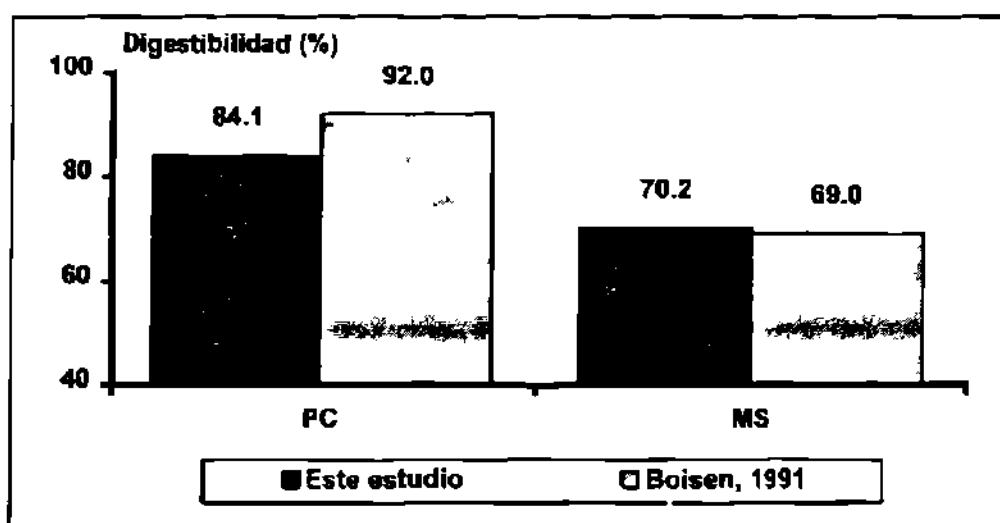


Figura 12. Digestibilidad *in vitro* de la proteína cruda y materia seca de la harina de soya.

En el caso de las dietas experimentales, la digestibilidad *in vitro* de la proteína fue similar ($p > 0.05$) entre las cuatro diferentes dietas utilizadas en este estudio (Cuadro 15), con valores promedio de 72.8%. Estos valores son menores a los de 48 mezclas de ingredientes, en los cuales se reportó una digestibilidad *in vitro* de la proteína cruda de 91% (Boisen y Fernández, 1995).

Cuadro 15. Digestibilidad *in vitro* (%) de la proteína cruda de las dietas experimentales

	Dietas	
	LAB	NRC
Crecimiento	72.6	71.9
Finalización	71.9	75.3

4.5 Prueba de campo. Comportamiento productivo de cerdos en crecimiento

La prueba de alimentación de cerdos efectuada en esta investigación, se realizó en dos experimentos. En ambos experimentos se probó el efecto de las raciones LAB contra raciones NRC, sobre el crecimiento de los cerdos. En el Experimento 1, los tratamientos o dietas experimentales se asignaron a grupos de cerdos separados por sexo. En el Experimento 2, los cerdos fueron alojados en grupos de machos castrados y hembras juntos, y fueron alimentados con dietas con un contenido de proteína cruda 1.5 puntos porcentuales mayores a las utilizadas en el Experimento 1. Por último, se hizo un análisis global donde se evaluó el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de los cerdos, independientemente si los grupos pertenecían al Experimento 1 ó 2. La evaluación de los datos productivos de los cerdos, se realizó en dos etapas de crecimiento, así como considerando el periodo completo de crecimiento.

4.5.1 Experimento 1

Este experimento fue conducido en el período del 27 de marzo al 14 de noviembre de 1996, para evaluar el crecimiento de cerdos alimentados con raciones formuladas en base a resultados de análisis de los ingredientes (LAB),

o de valores tabulares (NRC). En esta prueba se dieron de baja por enfermedad 3 machos castrados del tratamiento NRC, y 1 hembra del tratamiento LAB. Se utilizaron un total de 108 cerdos, 53 machos castrados y 55 hembras, alojados en grupos separados por sexo, con un peso inicial entre 22.6 y 23.4 kg. La edad inicial fue de 83 ± 6 días. El peso final de los cerdos en la fase experimental, varió entre 93.5 y 96.1 kg (Cuadro 16). El período de prueba comprendió entre 84 y 91 días para los dos tratamientos evaluados en los dos sexos.

4.5.1.1 Crecimiento

En la etapa de crecimiento (23 a 75 kg), no se encontró diferencia estadística ($p > 0.05$) en el aumento diario de peso (ADP), consumo de alimento y conversión alimenticia, para los cerdos alimentados con las dietas LAB o con las dietas NRC (Cuadro 16). El ADP fue mayor ($p < 0.01$) en los machos (0.834 kg/día) que en las hembras (0.760 kg/día). El consumo de alimento fue en promedio 7.8% mayor ($p = 0.08$) en los machos que en las hembras con 2.324 contra 2.156 kg/día, respectivamente. En esta etapa, no se encontró diferencia estadística ($p > 0.05$) en la conversión alimenticia entre tratamientos ni entre sexos (Cuadro 16).

Contrario a lo esperado, dado una menor desviación del contenido nutritivo calculado en las dietas a la formulación (ver sección 4.1.3), en esta etapa no se observó el efecto positivo de las raciones LAB, comparadas con las raciones NRC, sobre el comportamiento de los cerdos, no obstante que se ha reportado que la eficiencia productiva de los cerdos se ve afectada por las variaciones en el contenido de proteína y la relación lisina y energía de las raciones (Castell *et al.*, 1994). Es posible que estos resultados se deban a que las mayores variaciones en la composición nutritiva de las raciones NRC, tengan menor efecto durante la fase de crecimiento que durante la fase de finalización, tal

Cuadro 16. Comportamiento productivo de cerdos en crecimiento de 23 a 95 kg de peso vivo. Experimento 1

	Tratamiento				Sexo		Valor de P
	LAB	NRC	Machos	Hembras	EE		
n	8	8	8	8			
Peso inicial (kg)	23.1	23.0	23.1	23.0			
Peso final (kg)	94.2	95.2	95.6	93.8			
23 - 75 kg							
ADP (kg)	0.804	0.790	0.834 ^a	0.760 ^p	0.02		0.000
Consumo diario (kg)	2.236	2.243	2.324	2.156	0.07		0.078
Conversión alimenticia	2.78	2.84	2.79	2.84	0.08		0.450
75 - 95 kg							
ADP (kg)	0.869	0.918	0.916	0.871	0.04		0.540
Consumo diario (kg)	2.904	3.196	3.232 ^a	2.869 ^b	0.09		0.010
Conversión alimenticia	3.34	3.50	3.54	3.31	0.14		0.120
General							
ADP (kg)	0.818	0.821	0.855 ^a	0.785 ^b	0.02		0.001
Consumo diario (kg)	2.398	2.478	2.556 ^a	2.316 ^b	0.06		0.010
Conversión alimenticia	2.92	3.02	2.99	2.95	0.06		0.660

n = unidades experimentales

^aLiteral diferente indica diferencia significativa (P < 0.05) o altamente significativa (P < 0.01) entre columnas por efecto de sexo

como ha sido demostrado por Coma *et al.* (1995) con diferentes niveles de lisina proporcionados a cerdos en crecimiento.

Los requerimientos de la concentración de nutrientes en la dieta, pueden variar por diferencias en la eficiencia de ganancia de peso, observándose que las necesidades de lisina son más altas en hembras que en machos (Hahn *et al.*, 1995). Sin embargo, en este estudio, el comportamiento productivo de los machos castrados comparado con el de las hembras, fue similar al reportado por Owen *et al.* (1994), quienes encontraron diferencias entre sexos en cerdos de 22 a 52 kg para ADP y consumo de alimento, pero no para conversión alimenticia, lo cual pudo deberse a mayores necesidades de proteína (lisina) de las hembras. Otros autores, han reportado que no existe diferencia en estos parámetros entre sexos en cerdos de 25 a 55 kg peso vivo, alimentados con raciones con diferentes concentraciones de lisina (Yen *et al.*, 1986).

4.5.1.2 Finalización

En la etapa de 75 a 95 kg, el ADP tendió a ser menor en un 5.6% ($p > 0.05$) en los cerdos LAB que en los cerdos NRC, pero aunque no hubo diferencia estadística, los cerdos LAB consumieron 9% menos alimento que los cerdos NRC, lo cual ocasionó una diferencia numérica de 0.16 unidades en la conversión alimenticia a favor de los cerdos LAB (Cuadro 16). No se encontró diferencia estadística en el ADP y la conversión alimenticia ($p > 0.05$) entre machos y hembras, aunque el consumo de alimento fue mayor ($p < 0.01$) en los machos que en las hembras con 3.2 y 2.9 kg/día, respectivamente.

El comportamiento productivo de los cerdos utilizados en esta prueba, es comparable con los datos reportados para cerdos de 57 a 90 kg por Hahn *et al.* (1995), quienes no encontraron diferencias entre sexos para ADP, que fue de 1.043 y 1.003 kg/día para machos y hembras, respectivamente, consumo de

alimento de 3.437 y 3.036 kg/día para machos y hembras, respectivamente, y conversión alimenticia de 3.29 y 3.01 para machos y hembras, respectivamente.

La variación de la composición nutritiva de las raciones debido a los tratamientos probados, ha sido asentada en este estudio (ver sección 4.1.3), sin embargo en esta etapa no se observó efecto de la dieta, aunque si se encontró efecto de sexo, sobre el comportamiento productivo de los cerdos. Estos resultados no coinciden con lo reportado por Hahn y Baker (1995), quienes encontraron una diferencia de 0.12 unidades de conversión alimenticia por efecto de dietas con dos diferentes patrones de aminoácidos ($p < 0.05$), en cerdos de 56 a 110 kg. En el mismo estudio, se encontró un efecto de sexo ($p < 0.05$) para ADP y conversión alimenticia, con un ADP de 0.170 kg mayor y 0.14 unidades de conversión menos para los machos castrados que para las hembras.

4.5.1.3 Período completo

En el periodo de prueba completo, el promedio de ADP de los cerdos de 23 a 95 kg de peso vivo utilizados en esta prueba, fue 0.820 ± 0.044 kg/día, el consumo de alimento fue de 2.448 ± 0.175 kg/día y la conversión alimenticia fue 2.97:1 (Cuadro 16).

Los parámetros de crecimiento, ADP, consumo de alimento y conversión alimenticia, fueron similares en los cerdos alimentados con la dietas LAB o NRC (Cuadro 16). Se observó efecto de sexo sobre el ADP y el consumo de alimento ($p < 0.05$), que fueron mayores en los machos que en las hembras, aunque no se observó diferencia estadística en la conversión alimenticia de ambos sexos (Cuadro 16). Estos resultados no coinciden con los reportados por Castell *et al.* (1994), quienes encontraron un efecto de la variación en el

contenido de proteína de la dieta sobre el ADP y conversión alimenticia, pero no sobre el consumo diario de alimento. En el mismo trabajo, se observó efecto de sexo, con una diferencia de 11 y 9.2% en el ADP y consumo de alimento, respectivamente, entre machos castrados y hembras de 25 a 98 kg de peso.

En este estudio, no se encontró efecto de tratamiento (raciones) ni interacción de tratamientos con el sexo ($p > 0.05$). aunque sí hubo efecto de sexo, sobre el comportamiento de los animales ($p < 0.05$). Similares resultados fueron reportados por Kemm *et al.* (1995), quienes no encontraron efecto de dietas con tres niveles diferentes de proteína y relación lisina energía, pero sí de sexo, sobre el ADP, consumo de alimento y conversión alimenticia de cerdos de 30 a 90 kg. Sin embargo, Fuller *et al.* (1995) reportaron efecto del nivel de proteína de la dieta sobre los parámetros de crecimiento de los cerdos.

4.5.2 Experimento 2

Esta prueba se realizó durante el período del 13 de febrero al 21 de septiembre de 1997, para comparar el crecimiento de cerdos con raciones similares a las utilizadas en el Experimento 1, pero proporcionadas a grupos de cerdos machos castrados y hembras alojados juntos. Se utilizaron un total de 95 cerdos, 48 machos castrados y 47 hembras, alojados al azar en grupos de seis animales, 3 machos y 3 hembras. Los grupos fueron asignados para ser alimentados con raciones LAB (Tratamiento LAB), o para ser alimentados con raciones NRC (Tratamiento NRC). Una hembra, presentó síntomas de neumonía, se desechó de la prueba por no recuperarse en respuesta al tratamiento veterinario aplicado. El peso inicial promedio fue de 24.3 ± 2.6 kg, y el peso final fue de 94.3 ± 3.0 kg. La edad inicial fue de 79 ± 6 días. El período de prueba tuvo una duración de 86 días.

4.5.2.1 Crecimiento

En la etapa de crecimiento (24 a 65 kg), se encontró una diferencia numérica ($p > 0.05$) de aumento diario de peso 4.5% mayor en los cerdos LAB. Esta diferencia se acompañó de un consumo de alimento 1.3% mayor para los cerdos de las dietas LAB que para los cerdos NRC (Cuadro 17 y Figura 13). Lo anterior, ocasionó una diferencia numérica de 2.9% o sea 0.08 unidades, en la conversión alimenticia, favorable a las dietas LAB en esta etapa (Cuadro 17 y Figura 13).

La variación en la composición nutritiva de las dietas, no se reflejó en diferencias estadísticas del comportamiento de los cerdos en esta etapa. Esto coincide con los resultados obtenidos en el Experimento 1, lo cual puede indicar, que en la etapa de crecimiento los cerdos son menos afectados por variaciones en la composición nutritiva de las raciones que en etapas posteriores de la engorda. Resultados similares han sido reportados para cerdos de 20 a 55 kg por Tuitoek *et al.* (1997) quienes utilizaron raciones con tres diferentes niveles de proteína. Hansen *et al.* (1993a), reportaron que el elevar de 0.11 a 0.14% de lisina en dietas con 14% de proteína cruda a base de sorgo y harina de soya suplementadas con treonina, tendió a disminuir la eficiencia alimenticia ($p < 0.13$) en cerdos de 20 a 50 kilogramos, aunque el mecanismo por el cual esto ocurre no se conoce.

4.5.2.2 Finalización

En la etapa de 65 a 95 kg, el aumento diario de peso y consumo de alimento fueron similares ($p > 0.05$) para los cerdos alimentados con las raciones LAB y aquellos alimentados con raciones NRC. La conversión alimenticia fue mejor ($p < 0.10$) para el tratamiento LAB (Cuadro 17). El consumo de alimento de 3.001 kg/día del tratamiento LAB, fue 3.9% menor que el consumo de 3.123 kg/día

del tratamiento NRC, lo cual ocasionó la diferencia de 0.21 unidades en la conversión alimenticia favorable para los cerdos alimentados con las raciones LAB (Figura 13).

Cuadro 17. Comportamiento productivo de los cerdos por etapa de crecimiento.
Experimento 2

	Tratamiento		EE	Valor de P
	LAB	NRC		
n	8	8		
Peso inicial (kg)	24.4	24.2		
Peso final (kg)	95.4	93.3		
24 - 65 kg				
ADP (kg)	0.812	0.776	0.02	0.281
Consumo diario (kg)	2.185	2.146	0.05	0.547
Conversión alimenticia	2.69	2.77	0.04	0.532
65 - 95 kg				
ADP (kg)	0.841	0.835	0.03	0.765
Consumo diario (kg)	3.001	3.123	0.09	0.498
Conversión alimenticia	3.57	3.78	0.06	0.100
24 - 95 kg				
ADP (kg)	0.824	0.799	0.02	0.400
Consumo diario (kg)	2.507	2.539	0.05	0.560
Conversión alimenticia	3.05 ^a	3.18 ^b	0.03	0.070

n = unidades experimentales

^a^bLiteral diferente indica diferencia significativa entre columnas

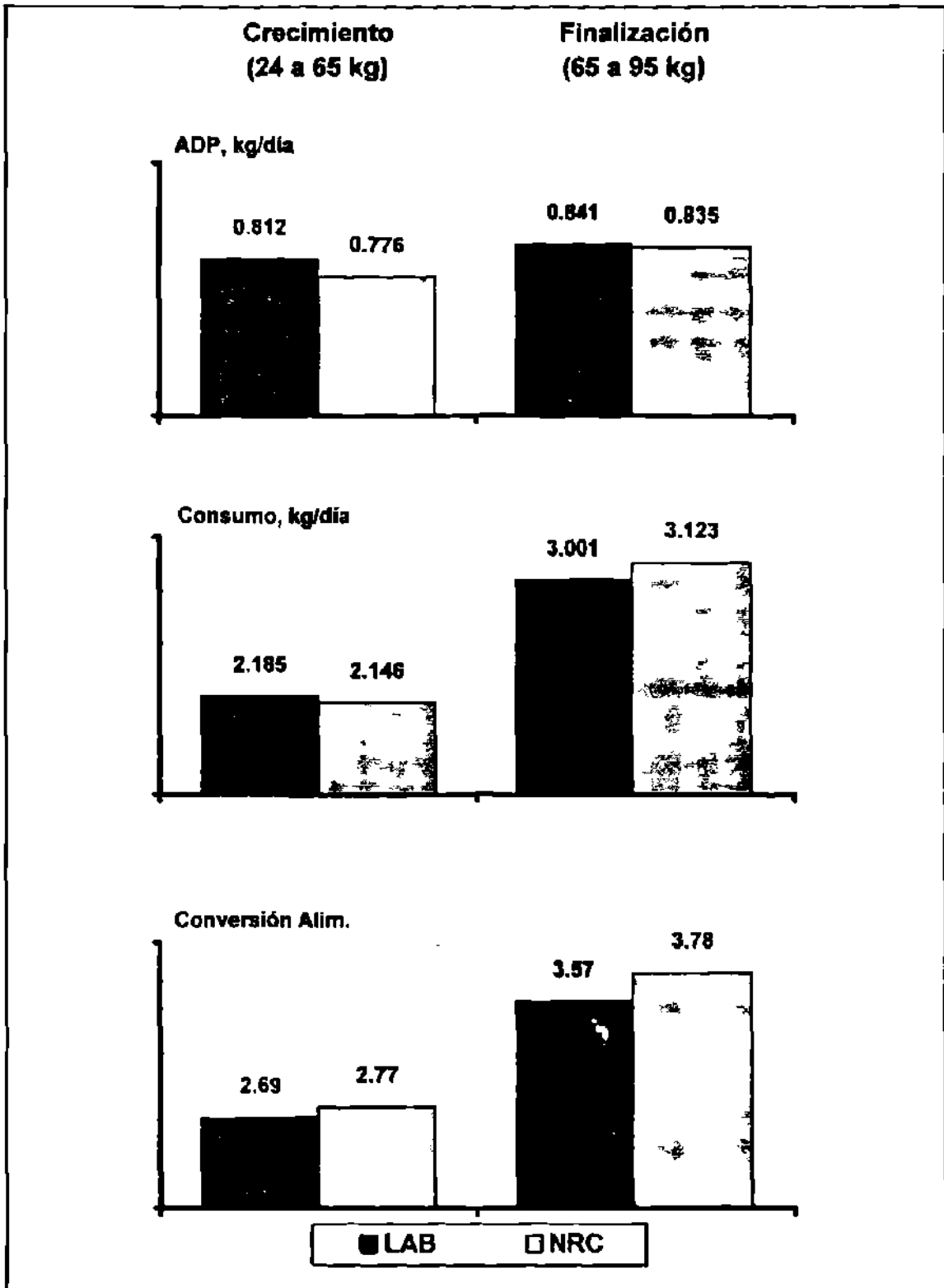


Figura 13. Comportamiento productivo de los cerdos por etapa de crecimiento de 24 a 65 kg, y de 65 a 95 kg. Experimento 2.

De acuerdo con Quiniou *et al.* (1995), los cerdos ajustan su consumo voluntario dependiendo de los niveles de energía, proteína cruda y aminoácidos esenciales de la dieta. Por lo cual, la diferencia numérica del mayor consumo de alimento en el tratamiento NRC, quizás fue debido a las mayores variaciones en energía y proteína de las raciones NRC, comparadas con las raciones LAB, como ha sido demostrado en este estudio (sección 4.1.3). En forma similar, la menor eficiencia alimenticia de los cerdos alimentados con las raciones NRC (Figura 13), podría deberse a desbalances en el aporte de aminoácidos, ya que al considerar un valor constante en los ingredientes utilizados no se puede controlar la variación de estos nutrientes en las diferentes raciones durante el período en el cual son proporcionadas a los animales. Estos desbalances en los aminoácidos de las dietas, podrían resultar en disminución de la ganancia de peso y consumo de alimento (Brudevold y Southern, 1994), así como en la conversión alimenticia (Owen *et al.*, 1994).

En esta prueba se observó que la diferencia numérica de conversión alimenticia, fue 0.27 unidades mayor en la etapa de finalización que en la de crecimiento, a favor de los cerdos alimentados con las raciones LAB (Figura 13). Esta ventaja en la conversión alimenticia en la etapa de finalización del tratamiento LAB, probablemente se debió a que en promedio, las raciones NRC tuvieron una concentración de proteína cruda analizada mayor (2.4 unidades porcentuales) que lo calculado al momento de la formulación (ver sección 4.1.3.2). De acuerdo a Noblet y Pérez (1993) por cada gramo de PC en exceso se reduce la energía metabolizable de las dietas en 0.9 kcal, debido al catabolismo de la proteína para su eliminación en la orina.

4.5.2.3 Período completo

Durante el período completo de la prueba, el promedio general de aumento diario de peso de los cerdos utilizados en este experimento fue 0.811 ± 0.049

kg/día, el consumo de alimento fue de 2.523 ± 0.152 kg/día y la conversión alimenticia fue 3.11:1.

El aumento diario de peso y el consumo de alimento en cerdos de 24 a 95 kg de peso fueron similares ($p > 0.05$) para los tratamientos LAB y NRC (Cuadro 17). Sin embargo, se registró una mejor eficiencia alimenticia ($p = 0.07$) de los cerdos alimentados con las raciones LAB, con conversión de 3.05:1, que de los cerdos alimentados con raciones NRC con conversión de 3.18:1 (Cuadro 17 y Figura 13).

Las diferencias de 0.08 y 0.21 unidades de conversión alimenticia favorables a las raciones LAB de crecimiento y finalización, respectivamente, ocasionaron que durante el período completo de la engorda, se registrara una ventaja de 0.13 unidades de conversión, favorables al tratamiento LAB. Los resultados, coinciden con los encontrados en un estudio realizado por Tuitoek *et al.* (1997), quienes probaron tres niveles de proteína en la dieta, observando que en la fase de crecimiento no se afectó el comportamiento productivo de los cerdos, pero en la fase de finalización, la concentración de proteína de la dieta sí afectó la conversión alimenticia de los cerdos.

4.5.3 Análisis global de los Experimentos 1 y 2

Los datos productivos de los Experimentos 1 y 2, en relación con el efecto de las dietas experimentales, fueron analizados conjuntamente y los resultados se presentan en forma resumida en este inciso. Inicialmente se incluyeron en la prueba 208 cerdos en dos experimentos. De ellos, 4 machos y una hembra fueron dados de baja por enfermedad. Los 203 cerdos utilizados, 100 machos castrados y 103 hembras, de 81 ± 6 días de edad con un peso inicial promedio de 23.7 ± 2.0 kg, fueron alojados en grupos de 5 - 7 animales, para evaluar su

crecimiento al ser alimentados con raciones LAB, o con raciones NRC. El peso final promedio de los cerdos en la fase experimental, fue de 94.5 ± 2.8 kg.

4.5.3.1 Crecimiento

La etapa de crecimiento, comprendió hasta el peso promedio de 70.4 ± 5.5 kg. En esta etapa, el aumento diario de peso fue mayor ($p = 0.073$) para los cerdos LAB que para los cerdos NRC (Cuadro 18 y Figura 14). Esto se debió a la consistente tendencia mostrada por los cerdos LAB para tener un ADP ligeramente mayor que los cerdos NRC en los Experimentos 1 y 2. El consumo de alimento fue similar para ambos tratamientos (Figura 14). Se determinó una diferencia numérica de 0.06 unidades de conversión alimenticia ($p > 0.05$) favorable para el tratamiento LAB.

4.5.3.2 Finalización

En la etapa de finalización (70 a 95 kg), no se encontró diferencia estadística ($p > 0.05$) sobre el aumento diario de peso y el consumo de alimento, aunque los cerdos LAB tuvieron un ADP con 0.025 kg/día cuantitativamente mayor, y consumo de alimento 0.208 kg/día tendencialmente menor que los cerdos NRC. Debido a ello, en la etapa de finalización, los cerdos que recibieron las raciones LAB tuvieron una conversión alimenticia 0.18 unidades mejor ($p < 0.05$) que los alimentados con las raciones NRC (Figura 14). Las diferencias numéricas en la conversión alimenticia favorables al tratamiento LAB, mostradas en los experimentos 1 y 2, resultaron en ésta diferencia significativa estadísticamente, lo cual indica que la mejora de la eficiencia alimenticia lograda con dietas LAB, comparadas con las dietas NRC, es consistente.

4.5.3.3 Período completo

El promedio general de ADP durante el período completo de crecimiento de los cerdos utilizados en esta prueba fue de 0.816 kg/día, el consumo de alimento fue 2.479 kg/día, y la conversión alimenticia fue de 3.04:1. Estos valores son comparables con los reportados por otros autores para cerdos de engorda entre 20 y 105 kg de peso (aumento diario de peso = 0.731 - 0.815 kg/día; conversión alimenticia = 2.74:1 - 3.27:1) (Mahan *et al.*, 1994; Wedekind *et al.*, 1994; Kerr *et al.*, 1995).

Las características ADP y consumo de alimento, durante el período de 24 a 95 kg, fueron similares para los grupos que recibieron las dietas LAB, y aquellos que fueron alimentados con dietas NRC (Cuadro 18). Sin embargo, la conversión alimenticia de los cerdos LAB, fue mejor ($p < 0.05$) en 0.12 unidades que la de los cerdos NRC (Cuadro 18). Esta mejora en la conversión alimenticia, es comparable a la reportada recientemente con otros tipos de manejo alternativo, como lo son la adición a la dieta de picolinato de cromo (Mooney y Cromwell, 1995) y el antibiótico U-82, 127 (Cromwell *et al.*, 1996), o el manejo de la relación lisina:energía de la dieta (Van Lunnen y Cole, 1996) y niveles de valina en la dieta (Lewis y Nishimura, 1995), en los cuales se ha encontrado una mejora en la conversión alimenticia de 0.04 a 0.08.

La diferencia de 0.23 unidades en la conversión alimenticia, favorable a los cerdos LAB en la etapa de finalización observada en el Experimento 2, influyó sobre la diferencia observada en esta variable en el período total de prueba. El comportamiento observado (Figura 14), indica que durante la etapa de finalización, la variación de la composición nutritiva de las dietas (Figura 14) puede afectar más la eficiencia de conversión alimenticia de los cerdos que en la etapa de crecimiento. Los resultados del presente estudio, coinciden con los reportados por Kerr *et al.* (1995), quienes reportaron que las posibles

**Cuadro 18. Comportamiento productivo de los cerdos por etapa de crecimiento.
Datos promedio de los Experimentos 1 y 2**

	Tratamiento		EE	Valor de P
	LAB	NRC		
n	16	16		
Peso inicial (kg)	23.7	23.6		
Peso final (kg)	94.8	94.2		
24 - 70 kg				
ADP (kg)	0.808	0.783	0.01	0.073
Consumo diario (kg)	2.211	2.194	0.03	0.196
Conversión alimenticia	2.74	2.80	0.03	0.913
70 - 95 kg				
ADP (kg)	0.855	0.876	0.01	0.900
Consumo diario (kg)	2.952	3.160	0.04	0.106
Conversión alimenticia	3.46	3.64	0.05	0.045
24 - 95 kg				
ADP (kg)	0.822	0.810	0.01	0.180
Consumo diario (kg)	2.450	2.509	0.02	0.525
Conversión alimenticia	2.98 ^a	3.10 ^b	0.02	0.018

n = unidades experimentales; EE = error experimental

^aLiteral diferente indica diferencia significativa entre columnas

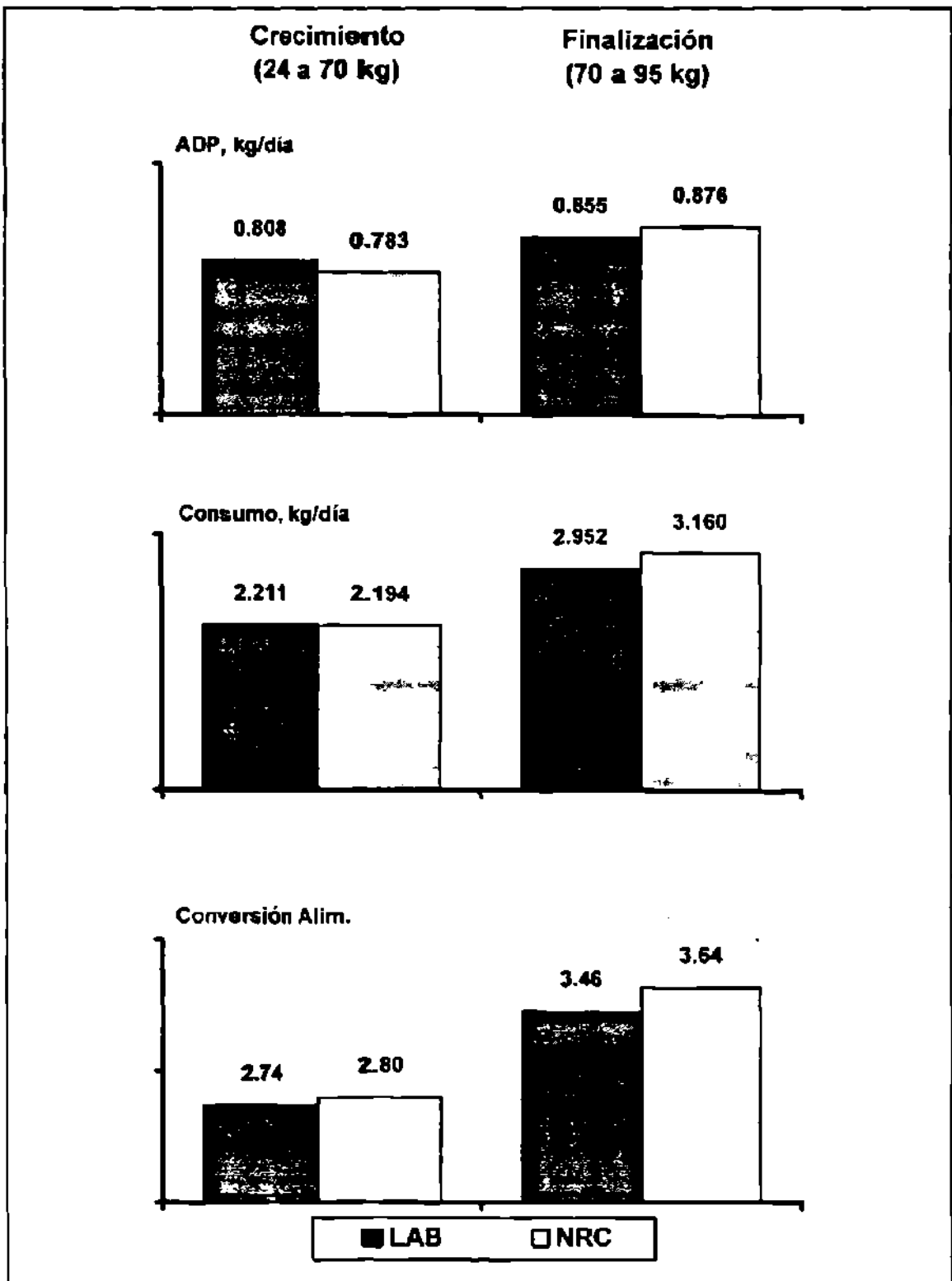


Figura 14. Comportamiento productivo de los cerdos por etapa de crecimiento de 24 a 70 kg, y de 70 a 95 kg. Experimentos 1 y 2.

deficiencias de proteína de las dietas proporcionadas a los cerdos en la fase de crecimiento, pueden ser compensadas por el animal mediante un mayor consumo de alimento; sin embargo, en la fase de finalización, la diferente concentración de proteína afectó ADP y la conversión alimenticia, pero no hubo efecto de las dietas sobre el consumo de alimento. En el presente estudio, las raciones del tratamiento NRC tuvieron un exceso consistente proteína (ver figura 10). Owen *et al.* (1994), reportaron que la eficiencia de utilización de los alimentos en cerdos de 52 a 109 kg de peso vivo, disminuye en 5% por consumo de alimento con contenido de proteína superior a 18.4%.

4.6 Análisis económico

En este capítulo, se incluye el análisis económico de la alimentación por sexo, utilizando los datos del Experimento 1 (Cuadro 16), y el análisis económico de los datos globales de los cerdos alimentados con los dos tratamientos, dietas LAB y NRC, considerando en forma conjunta los Experimentos 1 y 2 contenidos en el Cuadro 18.

El sistema de alimentación propuesto, Tratamiento LAB, está basado en el análisis de la composición química de los ingredientes sorgo y harina de soya empleados en dietas para cerdos. Con los resultados del análisis químico se formularon raciones experimentales para cerdos en crecimiento y finalización. Estas raciones se compararon con raciones elaboradas en base a valores tabulares (NRC o sistema de alimentación tradicional) de la composición química de los ingredientes (NRC, 1988).

Para de analizar la relación costo:beneficio por efecto de la alimentación, los datos de producción y costos de alimentación se ajustaron a un rango de peso vivo de 24 a 95 kg (71 kg de ganancia de peso) en todos los grupos de los tratamientos probados.

Se obtuvo el costo de alimentación por kilogramo de cerdo producido por tratamiento, de acuerdo a la conversión alimenticia y al costo de las raciones experimentales. El costo de alimentación por cerdo producido se obtuvo a partir del costo de alimentación por kilogramo producido, multiplicado por el incremento total promedio de peso vivo de los cerdos durante el período de prueba.

El costo promedio de las raciones experimentales, se determinó tomando en cuenta el costo de los ingredientes actualizado al mes de enero de 1998, y al período durante el cual se proporcionó cada una de las diferentes raciones formuladas. Para el mes de enero de 1998, el costo de los análisis de los ingredientes y la formulación fue de \$ 350.00 por muestra analizada. Se analizaron mensualmente dos muestras de cada ingrediente, por lo cual el costo de aplicación del sistema fue de \$ 1,400.00 por mes (2 ingredientes analizados 2 veces al mes, a \$350.00 por ingrediente).

Para determinar el número de vientres, a partir del cual el sistema de alimentación LAB es aplicable con beneficios económicos, respecto a la aplicación del sistema NRC, se realizó un análisis de varianza utilizando los costos de producción por cerdo producido por mes, y la producción estimada por vientre.

4.6.1 Costo de alimentación de cerdos en crecimiento separados por sexo. Experimento 1

La prueba de crecimiento efectuada, comprendió el período entre los 24 y 95 kg de peso vivo. El ADP fue de 0.819 y 0.821 kg/día para LAB y NRC, respectivamente. El consumo de alimento fue de 2.4 y 2.5 kg/día para LAB y NRC, respectivamente. Los valores de conversión alimenticia de 2.92:1 para los

cerdos LAB, y de 3.02:1 para los cerdos NRC, ocasionaron una diferencia de 0.10 unidades en favor del tratamiento LAB (Cuadro 16).

El costo promedio de las raciones experimentales (Cuadros 4 y 5) proporcionadas a los cerdos durante el periodo de evaluación (24 a 95 kg de peso vivo), fue de \$1.94 y \$1.91 por kilogramo para LAB y NRC, respectivamente (Cuadro 19).

Cuadro 19. Costo de alimentación de cerdos de 24 a 95 kg de peso vivo por tratamiento. Experimento 1 (n = 8)

		Raciones LAB	Raciones NRC
Incremento de peso	(kg)	71.00	71.00
Conversión alimenticia		2.92	3.02
Costo de la ración	(\$/kg)	1.94	1.91
Costo de alimentación	(\$/kg)	5.66	5.77
Costo de alimentación	(\$/cerdo)	401.86	409.67

De acuerdo a la conversión alimenticia, y al costo por kilogramo de alimento, el costo por kilogramo de cerdo producido fue \$ 5.66 y \$ 5.77. El incremento de peso ajustado a un periodo experimental de 71 kg de ganancia por cerdo, multiplicado por el costo por kilogramo producido, ocasionan un costo total de alimento por cerdo producido de \$ 401.86 y \$ 409.67 para LAB y NRC, respectivamente (Cuadro 19).

La diferencia numérica en la conversión alimenticia de 0.10 unidades favorable a los cerdos alimentados con las raciones formuladas en base al análisis de la composición química del sorgo y harina de soya, representó una diferencia de \$7.81 por cerdo producido a favor del tratamiento LAB (Cuadro 19).

Aunque no hubo interacción entre las dietas y el efecto de sexo, se observó que en los machos castrados el ADP fue similar ($p > 0.05$) entre los tratamientos LAB y NRC, con 0.857 y 0.853 g/día, respectivamente. El consumo de alimento de 2.526 kg/día de los machos LAB, tendió a ser menor ($p > 0.05$) que en los machos NRC (2.586 kg/día). Esto originó una conversión alimenticia mejor en 0.08 unidades ($p > 0.05$) para los machos LAB. En el caso de las hembras, el ADP de 0.782 y 0.789 kg/día fue similar ($p > 0.05$) para los tratamientos LAB y NRC, respectivamente. El consumo de alimento fue 4.7% numéricamente menor en las hembras LAB que en las NRC, con 2.260 y 2.371 kg/día, respectivamente. Estos valores de ADP y consumo de alimento ocasionaron una diferencia numérica en la conversión alimenticia de 0.12 a favor de las hembras LAB.

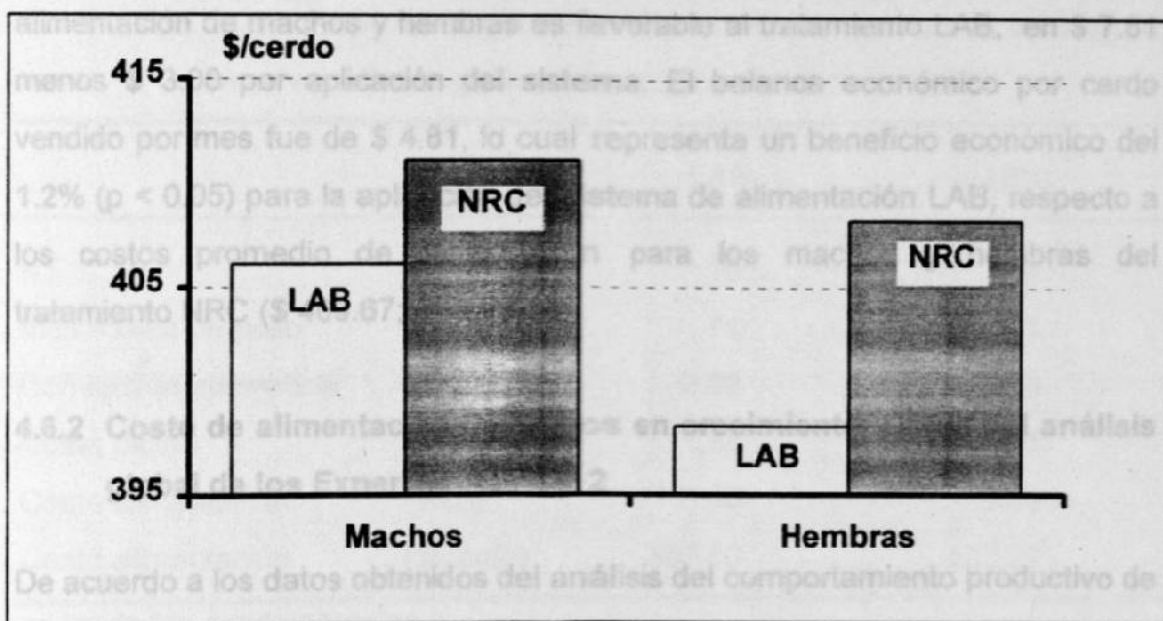


Figura 15. Costo de alimentación de cerdos de 24 a 95 kg, separados por sexo. Experimento 1

La tendencia a una mejor eficiencia de conversión de los cerdos LAB, fue más acentuada en las hembras. Lo que ocasionó una disminución en el costo por

cerdo producido a favor del tratamiento LAB de 2.0 y 4.4% para machos y hembras respectivamente (Figura 15).

En las diferencias en los costos de producción presentados hasta aquí, aún no se consideran los costos de aplicación del sistema, los cuales son variables dependiendo del número de animales en la explotación.

El número de animales en la explotación que estadísticamente responde a la diferencia en conversión alimenticia por efecto de las dietas, fue considerado de acuerdo al número de vientres. Se tomó como modelo una granja de 350 vientres con 467 cerdos vendidos por mes, y se consideró el costo mensual de aplicación del sistema LAB (\$ 1,400.00), con lo cual el costo del sistema por cerdo vendido fue de \$ 3.00. Entonces, la diferencia promedio del costo de alimentación de machos y hembras es favorable al tratamiento LAB, en \$ 7.81 menos \$ 3.00 por aplicación del sistema. El balance económico por cerdo vendido por mes fue de \$ 4.81, lo cual representa un beneficio económico del 1.2% ($p < 0.05$) para la aplicación del sistema de alimentación LAB, respecto a los costos promedio de alimentación para los machos y hembras del tratamiento NRC (\$ 409.67; Cuadro 19).

4.6.2 Costo de alimentación de cerdos en crecimiento. Datos del análisis global de los Experimentos 1 y 2

De acuerdo a los datos obtenidos del análisis del comportamiento productivo de los cerdos por efecto de los sistemas de alimentación, presentados en la sección 4.5.3, las diferencias numéricas en el aumento diario de peso (0.822 y 0.810 kg/día para LAB y NRC, respectivamente), y en el consumo de alimento (2.4 y 2.5 kg/día para LAB y NRC, respectivamente), ocasionan diferencias en la conversión alimenticia ($p < 0.05$), con valores de 2.98:1 para los cerdos LAB, y de 3.10:1 para los cerdos NRC (Cuadro 18). Esto dio como resultado una

mejora de 0.12 unidades en la conversión alimenticia de los cerdos alimentados con el sistema LAB en relación con los cerdos alimentados con el sistema NRC. Los datos reportados por otros investigadores, varían en mejoras en la conversión alimenticia desde 0.04:1 con manejo de la relación lisina:energía (Van Lunnen y Cole, 1996) hasta 0.14:1 mediante adición de salinomicina al alimento (Lindermann *et al.*, 1985).

Considerando que el costo promedio de las raciones fue de \$ 1.88 y \$ 1.91 por kilogramo para las raciones LAB y NRC, respectivamente, se obtuvo el costo por kilogramo de cerdo producido como se muestra en el Cuadro 20. El costo de alimentación por cerdo se obtuvo a partir del incremento de peso (71 kg) y del costo por kilogramo producido (Cuadro 20).

Cuadro 20. Costo de alimentación de cerdos en crecimiento de 24 a 95 kg de peso vivo. Datos globales de los Experimentos 1 y 2

		LAB	NRC
n		16	16
Incremento de peso	(kg)	71	71
Conversión alimenticia		2.98	3.10
Costo ración	(\$/kg)	1.88	1.91
Costo alimentación	(\$/kg)	5.60	5.92
Costo alimentación	(\$/cerdo)	397.60	420.32

n= unidades experimentales

De acuerdo a los datos mostrados en el Cuadro 20, la diferencia en el costo de alimentación por cerdo de los dos tratamientos, en el rango de pesos de 24 a 95 kg, es de \$22.72 (Cuadro 20). Si se descuenta el costo originado por el análisis de ingredientes y formulación de raciones cada 15 días, el balance económico de la aplicación del sistema de alimentación LAB en relación con el

sistema de alimentación NRC, en la granja determinada como modelo con 350 vientres, fue $\$ 22.72 - \$ 3.00 = \19.72 por cerdo producido, lo cual representa un beneficio económico de 4.70%, respecto a los costos de alimentación del tratamiento NRC. En los sistemas de producción intensiva, como lo es la producción de carne de cerdo, esta mejora en el beneficio económico con el sistema de alimentación propuesto, es considerable.

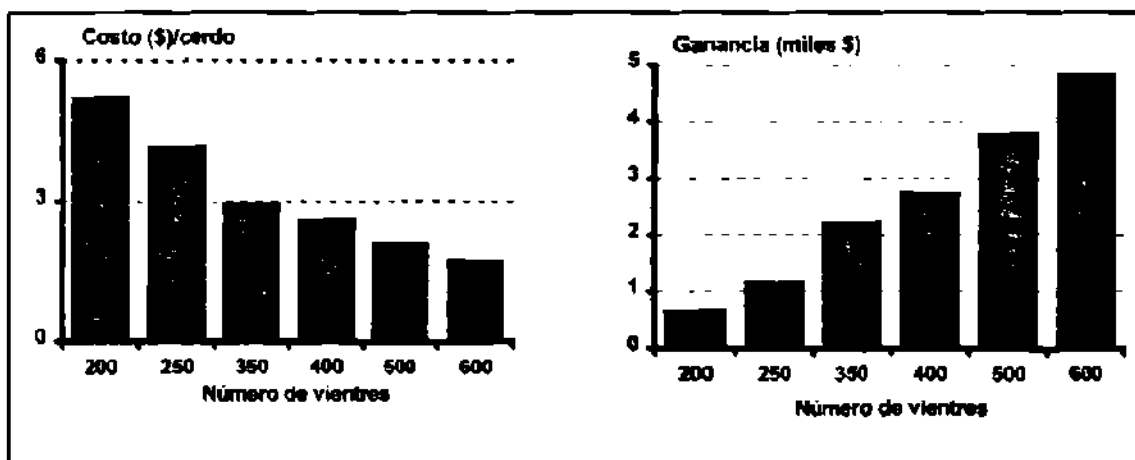


Figura 16. Costo mensual de aplicación del sistema de alimentación LAB por cerdo (\$) y beneficio económico (\$, miles) de acuerdo al número de vientres en la granja porcina.

Los beneficios del sistema LAB varían conforme al número de vientres de la explotación, ya que los costos de aplicación del sistema LAB por animal vendido se reducen al aumentar el tamaño de la granja (Figura 16).

Tomando como base la granja de 350 vientres con una producción de 467 cerdos mensuales para el abasto, para la cual el costo total de aplicación del sistema es de \$ 1400.00 al mes, se realizó una proyección de la relación de costo del sistema por cerdo vendido, así como de la ganancia económica esperada de su aplicación en granjas con diferente cantidad de vientres, la cual se muestra en la Figura 16.

Los resultados de la evaluación del comportamiento productivo de los cerdos, así como del costo del sistema por número de animales en crecimiento en la explotación, permiten afirmar que bajo las condiciones descritas en este estudio la aplicación del sistema de alimentación LAB, proporciona claros beneficios económicos en granjas porcinas a partir de 350 vientres.

5. CONCLUSIONES

En este estudio se propone la implementación de un sistema de alimentación de cerdos, basado en el análisis de la composición química del sorgo y harina de soya, ingredientes mayoritarios en las dietas.

En base a los resultados obtenidos bajo las condiciones descritas, se pueden asentar las siguientes conclusiones:

El análisis de la composición química de 28 y 31 muestras de sorgo y harina de soya, respectivamente, mostró que existe considerable variación entre las diferentes remesas de estos ingredientes que se reciben en la granja porcina. La principal variación en el sorgo, se observó en su contenido en cenizas con un CV de 36.7%, y FDN con un CV de 23.4%. En el caso de la harina de soya, la variación más importante se encontró en su contenido de FDN con un CV de 36.1%.

Los cerdos alimentados con raciones formuladas en base a análisis del sorgo y harina de soya (LAB) o de valores tabulares (NRC), no mostraron diferencia estadística en el aumento diario de peso y consumo de alimento. La conversión alimenticia de los cerdos LAB, fue mejor ($p = 0.02$) en 0.12 unidades que la de los cerdos NRC.

Al calcular el beneficio económico de la aplicación del sistema de alimentación en base a los precios de enero de 1998, se obtiene una ventaja del sistema de alimentación LAB de \$19.72 por cerdo, en relación al sistema de alimentación NRC. Esto equivale al 4.7% de mejora respecto a los costos de alimentación del tratamiento NRC.

6. LITERATURA CITADA

- Angelova, L., Y. Ilieva, M. Machev, y G. Vulchev. 1989. Study of yellow sorghum as forage for pigs and poultry. 1. Chemical composition of sorghum and performance experiments with growing and fattening pigs. *Zhivotnov'dni-Nauki*. 26:59-64.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Araba, M., y N. M. Dale. 1990. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. *Poultry Sci*. 69:76-83.
- Asche, G. L., A. J. Lewis, E. R. Peo, Jr., y J. D. Crenshaw. 1985. The nutritional value of normal and high lysine corns for weanling and growing-finishing swine when fed at four lysine levels. *J. Anim. Sci*. 60:1412-1428.
- Assoumani, M. B. y N. P. Nguyen. 1991. Enzyme modeling of protein digestion and L-lysine availability. In: Fuller, M. F. (Editor). *In vitro digestion for pigs and poultry*. C.A.B. International. Wallingford, U.K. pp 86-104.
- AWT. 1987. *Aminosäuren in der Tierernährung eV*. (AWT). Bonn, Alemania. 52 p.
- Barbour, G. W., R. Nemasetoni, y M. S. Lilburn. 1995. The effect of enzyme predigestion on the quality of poultry by-product meal from whole turkey mortality. *Poultry Sci*. 74:1180-1190.
- Bell, A. W., D. E. Bauman, y W. B. Currie. 1987. Regulation of nutrient partitioning and metabolism during pre- and postnatal growth. *J. Anim. Sci*. 65(Suppl. 2):186-212.
- Black, J. L. 1988. Animal growth and its regulation. *J. Anim. Sci*. 66(Suppl. 3):1-22.

- Boisen, S. 1991. A model for feed evaluation based on in vitro digestible dry matter and protein. In: Fuller, M. F. (Editor). In vitro digestion for pigs and poultry. C.A.B. International. Wallingford, U.K. pp 135-145.
- Boisen, S., y J. A. Fernández. 1995. Prediction of the apparent ileal digestibility of protein and amino acids in feedstuffs and feed mixtures for pigs by in vitro analyses. *Anim. Feed Sci. Technol.* 51:29-43.
- Brudevold, A. B. y L. L. Southern. 1994. Low-protein, crystalline amino acid-supplemented, sorghum-soybean meal diets for the 10- to 20-kilogram pig. *J. Anim. Sci.* 72:638-647.
- Bryant, J. P., P. B. Reichardt, y T. P. Clausen. 1992. Chemically mediated interactions between woody plants and browsing mammals. *J. Range Manage.* 45:18-24.
- Burgoon, K. G., J. A. Hansen, D. A. Knabe, y A. J. Bockholt. 1992. Nutritional value of quality protein maize for starter and finisher swine. *J. Anim. Sci.* 70:811-817.
- Castell, A. G., R. L. Cliplet, L. M. Poste-Flynn, y G. Butler. 1994. Performance, carcass and pork characteristics of castrates and gilts self-fed diets differing in protein content and lysine:energy ratio. *Can. J. Anim. Sci.* 74:519-528.
- Close, W. y K. H. Menke. 1986. Selected topics in Animal Nutrition. 2nd ed. Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung (DSE). Zentralstelle für Ernährung und Landwirtschaft (ZEL). Stuttgart. Germany. 255 p.
- Coma, J., D. R. Zimmerman, y D. Carrion. 1995. Interactive effects of feed intake and stage of growth on the lysine requirement of pigs. *J. Anim. Sci.* 73:3369-3375.
- Cousins, B. W., T. D. Tanksley, Jr., D. A. Knabe, y T. Zebrowska. 1981. Nutrient digestibility and performance of pigs fed sorghums varying in tannin concentration. *J. Anim. Sci.* 53:1524-1537.

- Crenshaw, J. D., E. R. Peo, Jr., A. J. Lewis, B. D. Moser, y T. D. Crenshaw. 1984. The nutritional value of high moisture and reconstituted sorghum grain for swine. *J. Anim. Sci.* 58:1222-1230.
- Cromwell, G. L., G. W. Davis, W. E. M. Morrow, R. A. Primo, D. W. Rozeboom, M. D. Sims, E. P. Stanisiewski, y C. H. Ho. 1996. Efficacy of the antimicrobial compound U-82,127 as a growth promoter for growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 74:1284-1287.
- Chang, M., J. W. Bailey, y J. L. Collins. 1994. Dietary tannins from cowpeas and tea transiently alter apparent calcium absorption but not absorption and utilization of protein in rats. *J. Nutr.* 124:283-288.
- Church, D. C. 1991. *Livestock feeds and feeding*. 3rd ed. Ed. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. U.S.A. 546 p.
- Dale, N., y M. Araba. 1990. Protein solubility as an indicator of optimum processing of soybean meal. *Proceedings of 26th Guelph Nutrition Conference*. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. pp 42-52.
- De Greef, K. H., y M. W. A. Verstegen. 1993. Partitioning of protein and lipid deposition in the body of growing pigs. *Livestock Prod. Sci.* 35:317-328.
- Drake, A. P., M. F. Fuller, y A. Chesson. 1991 Simultaneous estimations of prececal protein and carbohydrate digestion in the pig. In: Fuller, M. F. (Editor). *In vitro digestion for pigs and poultry*. C.A.B. International. Wallingford, U.K. pp 162-176.
- Dudley-Cash, W. A. 1997. Soybean meal quality varies widely in many parts of the world. *Feedstuffs*. February 3, 69:15, 17.
- Feedstuffs. 1997. Reference Issue. A complete reference and resource guide for the feed and feeding industries. Vol. 59. Num. 30.
- Fernández, S. R., Y. Zhang, y C. M. Parsons. 1993. Determination of protein solubility in oilseed meals using coomassie blue dye binding. *Poultry Sci.* 72:1925-1930.

- Fialho, E. T., H. P. Barbosa, y L. F. T. Albino. 1995. Chemical composition, digestible protein and energy values of some alternative feedstuffs for pigs in Brazil. *Anim. Feed Sci. Technol.* 55:239-245.
- Fuller, M. F. 1991. *In vitro* digestion for pigs and poultry. CAB International. Wallingford, U.K. 209 p.
- Fuller, M. F., M. F. Franklin, R. McWilliam, y K. Pennie. 1995. The responses of growing pigs, of different sex and genotype, to dietary energy and protein. *Anim. Sci.* 60:291-298.
- Furuya, S. 1991. Estimation of true ileal digestibility of amino acids with pigs by an *in vitro* method using intestinal fluid. In: Fuller, M. F. (Editor). *In vitro* digestion for pigs and poultry. C.A.B. International. Wallingford, U.K. pp 116-127.
- Galyean, M. 1980. *Techniques and procedures in animal nutrition research.* Department of Animal and Range Sciences. New Mexico State University.
- García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen; para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana.* UNAM. D. F. México. 246 p.
- Giesemann, M. A., A. J. Lewis, J. D. Hancock, y E. R. Peo, Jr. 1990. Effect of particle size of corn and grain on growth and digestibility by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 68(Suppl. 1):104 (Abstr.).
- Gómez, S., M. L. Angeles, y J. A. Cuarón. 1997. Growth performance and enzyme development in weanling pigs injected with dexamethasone. *J. Anim. Sci.* 75:993-1000.
- Graham, H. 1991. The physical and chemical constitution of foods: effects on carbohydrate digestion. In: Fuller, M. (Editor). *In vitro* digestion for pigs and poultry. C.A.B. International. Wallingford, U.K. pp 35-44.
- Hagerman, A. E., C. T. Robbins, Y. Weerasuriya, T. C. Wilson, y C. McArthur. 1992. Tannin chemistry in relation to digestion. *J. Range Manage.* 45:57-62.

- Hahn, J. D., y D. H. Baker. 1995. Optimum ratio to lysine of threonine, tryptophan, and sulfur amino acids for finishing swine. *J. Anim. Sci.* 73:482-489.
- Hahn, J. D., R. R. Biehl, y D. H. Baker. 1995. Ideal digestible lysine level for early- and late-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 73:773-784.
- Hansen, J. A., D. A. Knabe, y K. G. Burgoon. 1993a. Amino acid supplementation of low-protein sorghum-soybean meal diets for 20- to 50-kilogram swine. *J. Anim. Sci.* 71:442-451.
- Hansen, J. A., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, y T. L. Weeden. 1993b. Evaluation of animal protein supplements in diets of early-weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 71:1853-1862.
- Harris, E. L. V. 1988. Amino acid analysis by precolumn derivatization. In: Walker, J. M. *New Protein Techniques*. Humana Press. Clifton, New Jersey. U. S. A. pp 33 - 47.
- Healy, B. J., J. D. Hancock, G. A. Kennedy, P. J. Bramel-Cox, K. C. Behnke, y R. H. Hines. 1994. Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum for nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 72:2227-2236.
- Herkelman, K. L., G. L. Cromwell, T. S. Stahly, T. W. Pfeiffer, y D. A. Knabe. 1992. Apparent digestibility of amino acids in raw and heated conventional and low-trypsin-inhibitor soybeans for pigs. *J. Anim. Sci.* 70:818-826.
- Huntington, G. B., y J. H. Eisemann. 1988. Regulation of nutrient supply by gut and liver tissues. *J. Anim. Sci.* 66(Suppl. 3):35-48.
- INEGI. 1984. Síntesis geográfica del Estado de Nuevo León. Climatología. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. SPP. D. F., México. 170 p.
- INRA. 1985. Alimentación de los animales monogástricos (cerdo, conejo, aves). Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 283 p.

- Kemm, E. H., F. K. Siebrits, M. N. Ras, y S. E. Coetzee. 1995. Feed intake, growth and protein deposition of pigs fed three protein levels. *Livestock Prod. Sci.* 41:163-170.
- Kerr, B. J., F. K. McKeith, y R. Easter. 1995. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 73:433-440.
- Kidd., M. T., B. J. Kerr, y R. L. Wilson. 1996. Amino acid survey of ingredients may aid nutritionists. *Feedstuffs*, August 26. 14.
- Less, R. 1969. *Manual de análisis de alimentos*. Ed. Acribia, Zaragoza, España. 231 p.
- Lewis, A. J., y N. Nishimura. 1995. Valine requirement of the finishing pig. *J. Anim. Sci.* 73:2315-2318.
- Li, S., W. C. Sauer, y M. Z. Fan. 1993. The effect of dietary crude protein level on amino acid digestibility in early-weaned pigs. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 70:26-37.
- Lin, F. D., D. A. Knabe, y T. D. Tanksley, Jr. 1987. Apparent digestibility of amino acids, gross energy and starch in corn, sorghum, wheat, barley, oat groats and wheat middligns for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 64:1655-1663.
- Lindermann, M. D. , E. T. Kornegay, T. S. Stahly, G. L. Cromwell, R. A. Easter, B. J. Kerr, y D. M. Lucas. 1985. The efficacy of salinomycin as a growth promotant for swine from 9 to 97 kg. *J. Anim. Sci.* 61:782-788.
- Lizardo, R., J. Peiniau, y A. Aumaitre. 1995. Effect of sorghum on performance, digestibility of dietary components and activities of pancreatic and intestinal enzymes in the weaned piglet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 56:67-82.
- Longland, A. C. 1991. Digestive enzyme activities in pigs and poultry. In: Fuller, M. (Editor). *In vitro digestion for pigs and poultry*. C.A.B. International. Wallingford, U.K. pp 3-18.

- Louis, G. F., A. J. Lewis, y E. R. Peo. 1991. Feeding value of grain sorghum for the lactating sow. *J. Anim. Sci.* 69:223-229.
- Llames, C. R. 1991. Variations in amino acid analyses. *National Feed Ingredient Assn. Nutrition Institute Proceedings, Chicago Ill.*
- Llames, C. R., y J. Fontaine. 1994. Determination of amino acids in feeds: Collaborative study. *J. AOAC Int.* 77:1362-1402.
- Mahan, D. C., A. J. Lepine, y K. Dabrowski. 1994. Efficacy of magnesium-1-ascorbyl-2-phosphate as a vitamin C source for weanling and growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 72:2354-2361.
- Mamputu, M., y R. J. Buhr. 1995. Effect of substituting sesame meal for soybean meal on layer and broiler performance. *Poultry Sci.* 74:672-684.
- McIntosh, M. K., S. K. Baidoo, F. X. Ahern, y P. J. Bouland. 1986. Canola meal as a protein supplement for 6 to 20 kilogram pigs. *Can J. Anim. Sci.* 66:1051-1056.
- Metayer, J. P., F. Grosjean, y J. Castaing. 1993. Study of variability in French cereals. *Anim. Feed Sci. Technol.* 43:87-108.
- Mitaru, B. N., R. D. Reichert, y R. Blair. 1984. Nutritive value of reconstituted sorghum grains for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 58:1211-1215.
- Mooney, K. W., y G. L. Cromwell. 1995. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on growth, carcass characteristics, and accretion rates of carcass tissues in growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 73:3351-3357.
- Noblet, J., H. Fortune, C. Dupire, y S. Dubois. 1993. Digestible, metabolizable and net energy values of 13 feedstuffs for growing pigs: effect of energy system. *Anim. Feed Sci. Technol.* 42:131-149.
- Noblet, J., y J. M. Perez. 1993. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pigs diets from chemical analysis. *J. Anim. Sci.* 77:3389-3398.

- NRC. 1988. National Research Council. Nutrient requirements of swine. (9th Ed.). National Academy Press. Washington, D.C. 93 p.
- O'Quinn, P. R., D. A. Knabe, E. J. Gregg, y E. W. Lusas. 1997. Nutritional value for swine of soybean meal produced by isopropyl alcohol extraction. *J. Anim. Sci.* 75:714-719.
- Olivares, E. 1995. Diseños experimentales con aplicación a la experimentación agrícola y pecuaria. FAUANL, Nuevo León, México. 291 p.
- Owen, K. Q., D. A. Knabe, K. G. Burgoon, y E.J. Gregg. 1994. Self-selection of diets and lysine requirements of growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 72:554-564.
- Owsley, W. F., D. A. Knabe, y T. D. Tanskey, Jr. 1981. Effect of sorghum particle size on digestibility of nutrients at the terminal ileum and over the total digestive tract of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 52:557-566.
- Parsons, C. M., K. Hashimoto, K. J. Wedekind, y D. H. Baker. 1991. Soybean protein solubility in potassium hydroxide: an in vitro test of in vivo protein quality. *J. Anim. Sci.* 69:2918-2924.
- Purina. 1977. Muestreo e inspección de ingredientes. Purina, S. A. de C. V. Boletín de control de calidad # 3.100. D.F. México. 6 p.
- Purina. 1987. Normas de ingredientes. Purina, S. A. de C. V. Boletín de control de calidad. D. F. México. pp 12-17, 148-150.
- Quiniou, N., S. Dubois, y J. Noblet. 1995. Effect of dietary crude protein level on protein and energy balances in growing pigs: comparison of two measurement methods. *Livestock Prod. Sci.* 41:51-61.
- Reed, J. D. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *J. Anim. Sci.* 73:1516-1528.

- Rhône Poulenc Animal Nutrition. 1989. Nutrition guide. Ed. Rhône Poulenc. France. 34 p.
- Richert, B. T., J. D. Hancock, y J. L. Morrill. 1994. Effects of replacing milk and soybean products with wheat glutens on digestibility of nutrients and growth performance in nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 72:151-159.
- Saldana, A. I., D. A. Knabe, K. Q. Owen, K. G. Burgoon, y E. J. Gregg. 1994. Digestible threonine requirements of starter and finisher pigs. *J. Anim. Sci.* 72:144-150.
- Savoie, L. 1991. In vitro simulation of protein digestion: an integrated approach. In: Fuller, M. (Editor). *In vitro digestion for pigs and poultry*. C.A.B. International. Wallingford, U.K. pp 146-163.
- Schaffert, R. E., D. L. Oswalt, y D. Axtell. 1974. Effect of supplemental protein on the nutritive value of high and low tannin sorghum bicolor (L.) Moench grain for the growing rat. *J. Anim. Sci.* 39:500-505.
- Schiels, Jr., R. G., D. C. Mahan, y P. L. Graham. 1983. Changes in swine body composition from birth to 145 kg. *J. Anim. Sci.* 57:43-54.
- Schinckel, A. P., y C. F. M. De Lange. 1996. Characterization of growth parameters needed as inputs for pigs growth models. *J. Anim. Sci.* 74:2021-2036.
- Shi, X. S., y J. Noblet. 1993. Digestible and metabolizable energy values of ten feed ingredients in growing pigs fed ad libitum and sows fed at maintenance level; comparative contribution of the hindgut. *Anim Feed Sci. Technol.* 42:223-235.
- Smith, D. R., D. A. Knabe, y S. B. Smith. 1996. Depression of lipogenesis in swine adipose tissue by specific dietary fatty acids. *J. Anim. Sci.* 74:975-983.

- Sniffen, C. J., J. D. O'Connor, P. J. Van Soest, D. G. Fox, y J. B. Russell. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70:3562-3577.
- SPSS (Statistical Package for Social Sciences). 1992. Marya J. Norusis/SPSS Inc., SPSS/PC+version 5.0. Base Manual.
- Streeter, M. N., G. M. Hill, D. G. Wagner, C. A. Hibberd, y F. N. Owens. 1993a. Chemical and physical properties and in vitro dry matter and starch digestion of eight sorghum grain hybrids and maize. *Anim. Feed Sci. Technol.* 44:45-58.
- Streeter, M. N., G. M. Hill, D. G. Wagner, F. N. Owens, y C. A. Hibberd. 1993b. Effect of bird-resistant and non-bird-resistant sorghum grain on amino acid digestion by beef heifers. *J. Anim. Sci.* 71:1648-1656.
- Thompson, J. M., F. Sun, T. Kuczek, A. P. Schinckel, y T. S. Stewart. 1996. The effect of genotype and sex on the patterns of protein accretion in pigs. *Anim. Sci.* 63:265-276.
- Tuitoek, K., L. G. Young, C. F. M. de Lange y B. J. Kerr. 1997. The effect of reducing excess dietary amino acids on growing-finishing pig performance: an evaluation of the ideal protein concept. *J. Anim. Sci.* 75:1575-1583.
- Van Lunen, T. A., y D. J. A. Cole. 1996. The effect of lysine/digestible energy ratio on growth performance and nitrogen deposition of hybrid boars, gilts and castrated male pigs. *Anim. Sci.* 63:465-475.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson y B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Anim. Sci.* 74:3583-3597.
- Villamide, M. J., M. J. Fraga, y C. De Blas. 1991. Effect of type of basal diet and rate of inclusion on the evaluation of protein concentrates with rabbits. *Anim. Prod.* 52:215-224.

- Vohra, P., y F. H. Kratzer. 1991. Evaluation of soybean meal determines adequacy of heat treatment. *Feedstuffs*. February 25. 69:22, 24, 26-28.
- Waibel, P. E., C. W. Carlson, J. K. Lin, J. A. Brannon, y S. L. Noll. 1995. Replacing protein in corn-soybean turkey diets with methionine and lysine. *Poultry Sci.* 74:1143-1158.
- Waldroup, P. W., B. E. Ramsey, H. M. Helliwig, y N. K. Smith. 1985. Optimum processing for soybean meal used in broiler diets. *Poultry Sci.* 64:2314-2320.
- Ward, T. L., y L. L. Southern. 1995. Sorghum amino acid-supplemented diets for the 50- to 100-kilogram pig. *J. Anim. Sci.* 73:1746-1753.
- Wedekind, K. J., A. J. Lewis, M. A. Gieseman, y P. S. Miller. 1994. Bioavailability of zinc from inorganic and organic sources for pigs fed corn-soybean meal diets. *J. Anim. Sci.* 72: 2681-2689.
- Wicker, D. 1991. Relationships of protein to amino acids content in ingredients. National Feed Ingredient Assn. Nutrition Institute Proceedings, Chicago Ill.
- Widdowson, E. M. 1980. Definitions of growth. In: Lawrence, T. L. J. (Editor). Growth in animals. Studies in the agricultural and food sciences. Butterworth. London. pp 1-9.
- Wiesemüller, W., y J. Leibetseder. 1993. Ernährung monogastrischer Nutztiere. Gustav Fischer Verlag. Jena, Stuttgart. 308 p.
- Williams, P. E. V. 1995. Digestible amino acids for non-ruminant animals: Theory and recent challenges. *Anim. Feed Sci. Technol.* 53:173-187.
- Williams, W. 1991. Amino acids in human nutrition: Techniques for amino acid analysis of food and feed ingredients. National Feed Ingredient Assn. Nutrition/Institute Proceedings, Chicago, Ill.

- Yen, H. T., D. J. A. Cole, y D. Lewis. 1986. Amino acid requirements of growing pigs. *Anim. Prod.* 43:141-154.
- Yin, Y. L., R. L. Huang, H. Y. Zhang, C. M. Chen, T. J. Li, y Y. F. Pan. 1993a. Nutritive value of feedstuffs and diets for pigs: I. Chemical composition, apparent ileal and faecal digestibilities. *Anim. Feed Sci. Technol.* 44:1-27.
- Yin, Y. L., R. L. Huang, y H. Y. Zhong. 1993b. Comparison of ileorectal anastomosis and the conventional method for the measurement of ileal digestibility of protein sources and mixed diets in growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 42:297-308.

7. APÉNDICE

Cuadro A1. Composición química, en base seca, del sorgo y de la harina de soya. Continúa

Fuente bibliográfica	MS (%)	PC (%)	C (%)	GC (%)	FC (%)	FDN (%)	EB Mcal/kg	ED Mcal/kg	EM Mcal/kg	Ca (%)	P (%)	Lia (%)	Met (%)	Tra (%)	Trip (%)
Sorgo															
NRC, 1986	89.0	10.0	1.4	3.2	2.5		3.8	3.7		0.03	0.31	0.28	0.18	0.30	0.11
Cousins et al., 1981	87.0	10.8		3.2	2.7		1.9					0.22	0.21	0.33	0.08
Cousins et al., 1981	86.5						1.9					0.21	0.18	0.29	0.08
Cousins et al., 1981	86.5						1.9					0.22	0.17	0.33	0.10
Cousins et al., 1981	88.3						1.9					0.20	0.17	0.30	0.07
Owsley, 1981	89.3						1.9					0.22	0.17	0.30	0.07
Matayer, et al., 1983		12.5		3.8	2.2										
Streeter et al., 1983a		9.9													
Streeter et al., 1982	12.5	2.1	3.1	23.0											
Angelova et al., 1989	10.8	1.8	4.3	3.3				3.8			0.34				
Healy et al., 1994	86.6	10.2	1.9	2.1			1.8					0.29	0.18	0.45	0.12
AWT, 1987	89.0											0.25	0.18	0.38	0.09
Ward y Southern, 1985		10.2										0.26	0.18	0.34	0.11
Ward y Southern, 1985		9.4										0.22	0.21	0.29	0.12
Wisemüller y Leibtseder, 1993	87.8	11.7	1.8	3.5	2.6			3.7		0.08	0.31	0.26	0.21	0.38	0.13
Feedstuffs, 1987	89.0	12.4	1.8	3.1	2.2			3.6		0.05	0.33	0.30	0.11	0.30	0.10
Saldana et al., 1984	89.5	10.4										0.25	0.20	0.35	0.10
INRA, 1985	86.0	11.6	1.8	3.5	3.2	10.9	1.9	3.5	3.5	0.04	0.37	0.27	0.19	0.38	0.10

Cuadro A1. Composición química, en base seca, del sorgo y de la harina de soya. Continuación

Fuente bibliográfica	MS (%)	PC (%)	C (%)	GC (%)	FC (%)	FDN (%)	EB Mcal/kg	ED Mcal/kg	EM Mcal/kg	Ca (%)	P (%)	Lis (%)	Met (%)	Tre (%)	Trip (%)
Harina de soya															
AWT, 1967	88.9											3.2	0.7	2.0	0.7
Burgoon et al., 1992	89.5	43.4	8.1	1.8			4.21					2.8	0.7	1.8	0.5
Dudley-Cash, 1987 1)		48.2	6.6	1.2	6.8	15.4									
Dudley-Cash, 1987 2)		44.6	6.1	1.2	7.3	15.5									
Dudley-Cash, 1987 3)		44.0	7.6	1.1	7.5	16.2									
Dudley-Cash, 1987 4)		44.4	6.0	1.3	6.5	15.3									
Dudley-Cash, 1987 5)		45.7	7.4	1.3	7.8	16.6									
Dudley-Cash, 1987 6)		46.4	8.4	1.2	7.7	17.2									
Dudley-Cash, 1987 7)		43.3	5.8	6.8	6.9	16.5									
Feedstuffs, 1997	90.0	48.89	6.67	0.56	7.8				3.43	0.3	0.7	3.2		1.88	
INRA, 1985	88.0	52.0	7.2	2.3	6.4	14.0	4.76	3.97	3.61	0.3	0.8	3.3	0.7	2.0	0.7
Li et al., 1993	88.0	52.8		2.2		7.7									
McIntosh et al., 1986		51.4	6.3	2.3	4.6		4.54					3.1	0.7	1.9	
Noblet et al., 1993		51.4		2.4	6.9	13.5	4.76	3.97							
NRC, 1988	90.0	89.9		1.2	8.1			3.87	3.59	0.3	0.7	3.2	0.6	1.9	0.7
Richert et al., 1994		45.8										2.9	0.8	1.8	0.6
Saidana et al., 1994	88.6	48.8										3.3	0.7	2.0	0.6
Shi y Noblet, 1993		52.0	6.9	1.7	7.1	14.8	4.73								
Sniffen et al., 1992		49.9	7.3	1.5		14.0									
Ward y Southern, 1995		47.8													
Wiesemüller y Leibetseder, 1993	88.0	51.5	6.7	1.5	7.0			4.28	3.56	0.3	0.7	3.0	0.8	2.1	0.7
Yin et al., 1993a	89.5	88.6	7.5			35.2	4.95					3.0	0.5	2.0	
Yin et al., 1993b	88.9	47.7	7.7			33.2	5.21					2.2	0.6	1.6	

Cuadro A2. Contenido de proteína cruda y aminoácidos del sorgo y de la harina de soya, en base seca, reportado en diferentes fuentes bibliográficas. Continúa

Fuente bibliográfica	Reporte N°	Proteína cruda (%)	Lisina (%)	Metion. (%)	Treonina (%)	Triptof. (%)
Sorgo						
AWT, 1987	1	10.80	0.25	0.18	0.38	0.09
Brudevold y Southern, 1994	2	10.42	0.26		0.37	0.12
Brudevold y Southern, 1994	3	9.39	0.25	0.19	0.34	0.07
Brudevold y Southern, 1994	4	10.25	0.30		0.36	0.15
Brudevold y Southern, 1994	5	9.38	0.22		0.29	0.12
Brudevold y Southern, 1994	6	9.38	0.25		0.30	0.07
Fialho <i>et al.</i> , 1995	7	9.76	0.23	0.15	0.26	0.10
Hansen <i>et al.</i> , 1993a	8	9.23	0.23	0.20	0.32	0.11
Hansen <i>et al.</i> , 1993a	9	9.27	0.24	0.20	0.33	0.11
Hansen <i>et al.</i> , 1993b	10	11.11	0.25		0.39	0.10
Healy <i>et al.</i> , 1994	11	9.40	0.26		0.37	0.11
Healy <i>et al.</i> , 1994	12	10.90	0.31		0.39	0.12
Lin <i>et al.</i> , 1987	13	11.30	0.26	0.22	0.32	0.08
Louis <i>et al.</i> , 1991	14	12.22	0.28		0.40	0.10
Owen <i>et al.</i> , 1994	15	11.07	0.24	0.18	0.38	
Owen <i>et al.</i> , 1994	16	8.96	0.20	0.15	0.29	
Rhône Poulenc, 1989	17	10.92	0.26	0.17	0.39	0.11
Rhône Poulenc, 1989	18	10.92	0.26	0.17	0.39	0.11
Saldana <i>et al.</i> , 1994	19	10.39	0.25	0.20	0.35	0.10
Schaffert <i>et al.</i> , 1974	20	8.08	0.19	0.14	0.35	
Streeter <i>et al.</i> , 1993a	21	9.70	0.22	0.13	0.33	
Streeter <i>et al.</i> , 1993a	22	10.40	0.30	0.17	0.31	
Streeter <i>et al.</i> , 1993a	23	9.40	0.26	0.15	0.34	
Streeter <i>et al.</i> , 1993a	24	10.50	0.22	0.15	0.30	
Streeter <i>et al.</i> , 1993a	25	9.70	0.24	0.13	0.32	
Streeter <i>et al.</i> , 1993a	26	9.70	0.23	0.14	0.35	
Streeter <i>et al.</i> , 1993a	27	9.60	0.23	0.13	0.30	
Streeter <i>et al.</i> , 1993a	28	10.30	0.25	0.19	0.35	
Ward y Southern, 1995	29	10.22	0.26		0.34	0.11
Ward y Southern, 1995	30	9.44	0.22		0.29	0.12
Promedio		10.07	0.25	0.17	0.34	0.11
Desviación estándar		0.86	0.03	0.03	0.04	0.02
Coefficiente de variación		8.55	11.03	16.38	10.98	18.02
Valor máximo		12.22	0.31	0.22	0.40	0.15
Valor mínimo		8.08	0.19	0.13	0.26	0.07

Cuadro A2. Contenido de proteína cruda y aminoácidos del sorgo y de la harina de soya, en base seca, reportado en diferentes fuentes bibliográficas. Continuación

Fuente bibliográfica	Reporte N°	Proteína cruda (%)	Lisina (%)	Metion. (%)	Treonina (%)	Triptof. (%)
Harina de soya						
Asche <i>et al.</i> , 1985	1	48.94	3.22	0.54	2.07	0.86
AWT, 1987	2	50.57	3.09	0.68	1.92	0.63
AWT, 1987	3	55.17	3.38	0.75	2.15	0.70
Barbour <i>et al.</i> , 1995	4	52.14	3.22	0.72	1.96	
Brudevold y Southern, 1994	5	49.63	2.99		1.98	0.63
Brudevold y Southern, 1994	6	45.27	3.06	0.76	1.97	0.70
Brudevold y Southern, 1994	7	47.26	2.96		1.84	0.70
Brudevold y Southern, 1994	8	48.76	2.87		1.88	0.58
Brudevold y Southern, 1994	9	48.76	2.87		1.88	0.58
Burgoon <i>et al.</i> , 1992	10	52.14	3.22	0.72	1.96	
Fialho <i>et al.</i> , 1995	11	53.00	3.00	0.52	1.81	0.84
Hahn <i>et al.</i> , 1995	12	51.34	3.13	0.77	2.14	0.53
Hansen <i>et al.</i> , 1993a	13	50.19	3.19	0.67	2.03	0.57
Hansen <i>et al.</i> , 1993a	14	48.76	3.26	0.74	2.00	0.61
Hansen <i>et al.</i> , 1993b	15	48.64	3.15		1.87	0.59
Herkelman <i>et al.</i> , 1992	16	49.80	3.18	0.67	2.03	
Li <i>et al.</i> , 1993	17	52.80	3.79	0.76	2.17	
Mamputu y Buhr, 1995	18	53.69	3.45	0.85	2.06	0.74
Owen <i>et al.</i> , 1994	19	47.39	3.22	0.65	2.10	
Rhône Poulenc, 1989	20	54.44	3.41	0.76	2.16	0.73
Rhône Poulenc, 1989	21	51.11	3.21	0.70	2.02	0.69
Richert <i>et al.</i> , 1994	22	50.89	3.22	0.89	2.00	0.67
Saldana <i>et al.</i> , 1994	23	49.77	3.32	0.74	1.98	
Ward y Southern, 1995	24	47.22	2.96		1.84	0.70
Waibel <i>et al.</i> , 1995	25	52.11	3.26	0.74	2.09	0.70
Waibel <i>et al.</i> , 1995	26	51.11	2.96	0.76	1.91	0.70
Yin <i>et al.</i> , 1993a	27	50.10	2.89	0.34	1.93	
Yin <i>et al.</i> , 1993a	28	47.70	2.31	0.41	1.84	
Yin <i>et al.</i> , 1993a	29	51.10	3.89	0.78	2.31	
Yin <i>et al.</i> , 1993b	30	47.71	2.21	0.59	1.64	
Promedio		50.13	3.13	0.69	1.99	0.66
Desviación estándar		2.33	0.33	0.13	0.13	0.09
Coefficiente de variación		4.64	10.65	18.73	6.78	12.92
Valor máximo		55.17	3.89	0.89	2.31	0.86
Valor mínimo		45.27	2.21	0.34	1.64	0.53

A3. Cálculo del contenido de aminoácidos a partir de la proteína cruda del sorgo y de la harina de soya, en base seca. Continúa

Método de cálculo	Proteína		Lisina (%)	Metionina (%)	Treonina (%)	Triptofano (%)
	#	cruda (%)				
Sorgo						
Cita	1	9.75	0.23	0.15	0.26	0.10
Este estudio			0.24	0.17	0.33	0.11
Kidd et al., 1996			0.26	0.18	0.32	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.17	0.31	0.11
NRC, 1988			0.25	0.18	0.29	0.11
Cita	2	9.70	0.22	0.13	0.33	
Este estudio			0.24	0.16	0.33	0.11
Kidd et al., 1996			0.26	0.18	0.32	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.17	0.32	0.11
NRC, 1988			0.25	0.17	0.29	0.11
Cita	3	10.40	0.22	0.17	0.31	
Este estudio			0.24	0.16	0.33	0.11
Kidd et al., 1996			0.26	0.18	0.32	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.17	0.32	0.11
NRC, 1988			0.27	0.19	0.31	0.11
Cita	4	9.40	0.26	0.15	0.34	
Este estudio			0.24	0.16	0.32	0.11
Kidd et al., 1996			0.25	0.17	0.31	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.17	0.31	0.11
NRC, 1988			0.24	0.17	0.26	0.10
Cita	5	10.50	0.22	0.15	0.30	
Este estudio			0.26	0.18	0.35	0.10
Kidd et al., 1996			0.26	0.19	0.34	0.10
Wicker, 1991			0.23	0.18	0.34	0.12
NRC, 1988						
Cita	6	9.70	0.24	0.13	0.32	
Este estudio			0.24	0.16	0.33	0.11
Kidd et al., 1996			0.26	0.18	0.32	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.17	0.32	0.11
NRC, 1988			0.25	0.17	0.29	0.11
Cita	7	9.70	0.23	0.14	0.35	
Este estudio			0.24	0.16	0.35	0.11
Kidd et al., 1996			0.26	0.18	0.32	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.17	0.32	0.11
NRC, 1988			0.25	0.17	0.29	0.11

A3. Cálculo del contenido de aminoácidos a partir de la proteína cruda del sorgo y de la harina de soya, en base seca. Continuación

Método de cálculo	#	Proteína				
		cruda (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Treonina (%)	Triptofano (%)
Sorgo						
Cita	8	9.60	0.23	0.13	0.30	
Este estudio			0.24	0.16	0.32	0.11
Kidd et al., 1996			0.26	0.18	0.32	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.17	0.32	0.11
NRC, 1988			0.25	0.17	0.29	0.11
Cita	9	10.30	0.25	0.19	0.35	
Este estudio			0.25	0.17	0.34	0.10
Kidd et al., 1996			0.26	0.19	0.34	0.09
Wicker, 1991			0.23	0.18	0.34	0.12
NRC, 1988			0.27	0.19	0.31	0.11
Cita	10	9.40	0.26		0.37	0.11
Este estudio			0.24	0.16	0.32	0.11
Kidd et al., 1996			0.25	0.17	0.31	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.17	0.31	0.11
NRC, 1988			0.24	0.17	0.28	0.10
Cita	11	10.90	0.31		0.39	0.12
Este estudio			0.26	0.18	0.36	0.10
Kidd et al., 1996			0.26	0.20	0.35	0.10
Wicker, 1991			0.24	0.19	0.36	0.12
NRC, 1988			0.28	0.20	0.33	0.12
Cita	12	11.30	0.26	0.22	0.32	0.08
Este estudio			0.27	0.19	0.35	0.10
Kidd et al., 1996			0.27	0.21	0.36	0.10
Wicker, 1991			0.25	0.19	0.37	0.13
NRC, 1988			0.29	0.20	0.34	0.12
Cita	13	9.23	0.23	0.20	0.32	0.11
Este estudio			0.24	0.15	0.31	0.11
Kidd et al., 1996			0.25	0.17	0.31	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.16	0.31	0.10
NRC, 1988			0.24	0.17	0.28	0.10
Cita	14	9.27	0.24	0.20	0.33	0.11
Este estudio			0.24	0.16	0.31	0.11
Kidd et al., 1996			0.25	0.17	0.31	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.16	0.30	0.10
NRC, 1988			0.24	0.17	0.28	0.10

A3. Cálculo del contenido de aminoácidos a partir de la proteína cruda del sorgo y de la harina de soya, en base seca. Continuación

Método de cálculo	#	Proteína				
		cruda (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Treonina (%)	Triptofano (%)
Sorgo						
Cita	15	11.11	0.25		0.39	0.10
Este estudio			0.27	0.18	0.37	0.10
Kidd et al., 1996			0.26	0.20	0.36	0.10
Wicker, 1991			0.24	0.19	0.36	0.12
NRC, 1988			0.29	0.20	0.33	0.12
Cita	16	10.22	0.26		0.34	0.11
Este estudio			0.25	0.17	0.34	0.11
Kidd et al., 1996			0.26	0.19	0.33	0.09
Wicker, 1991			0.23	0.18	0.33	0.11
NRC, 1988			0.27	0.18	0.31	0.11
Cita	17	9.44	0.22		0.29	0.12
Este estudio			0.24	0.16	0.32	0.11
Kidd et al., 1996			0.26	0.17	0.31	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.17	0.31	0.11
NRC, 1988			0.25	0.17	0.28	0.10
Cita	18	10.39	0.25	0.20	0.35	0.10
Este estudio			0.26	0.17	0.35	0.10
Kidd et al., 1996			0.26	0.15	0.34	0.10
Wicker, 1991			0.23	0.18	0.34	0.12
NRC, 1988			0.27	0.19	0.31	0.11
Cita	19	10.80	0.25	0.18	0.38	0.09
Este estudio			0.26	0.18	0.36	0.10
Kidd et al., 1996			0.26	0.20	0.35	0.10
Wicker, 1991			0.24	0.18	0.35	0.12
NRC, 1988			0.28	0.19	0.32	0.12
Cita	20	10.92	0.26	0.17	0.39	0.11
Este estudio			0.26	0.18	0.36	0.10
Kidd et al., 1996			0.26	0.20	0.35	0.10
Wicker, 1991			0.24	0.18	0.35	0.12
NRC, 1988			0.28	0.20	0.33	0.12
Cita	21	10.92	0.26	0.17	0.39	0.11
Este estudio			0.26	0.18	0.36	0.10
Kidd et al., 1996			0.26	0.20	0.35	0.10
Wicker, 1991			0.24	0.18	0.35	0.12
NRC, 1988			0.28	0.20	0.33	0.12

A3. Cálculo del contenido de aminoácidos a partir de la proteína cruda del sorgo y de la harina de soya, en base seca. Continuación

Método de cálculo	#	Proteína cruda (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Treonina (%)	Triptofano (%)
Sorgo						
Cita	22	12.22	0.28		0.40	0.10
Este estudio			0.29	0.20	0.41	0.10
Kidd et al., 1996			0.27	0.22	0.39	0.11
Wicker, 1991			0.26	0.20	0.39	0.14
NRC, 1988			0.32	0.22	0.37	0.13
Cita	23	10.42	0.26		0.37	0.12
Este estudio			0.26	0.17	0.35	0.10
Kidd et al., 1996			0.26	0.19	0.34	0.10
Wicker, 1991			0.23	0.18	0.34	0.12
NRC, 1988			0.27	0.19	0.31	0.11
Cita	24	9.39	0.25	0.19	0.34	0.07
Este estudio			0.24	0.16	0.32	0.11
Kidd et al., 1996			0.25	0.17	0.31	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.17	0.31	0.11
NRC, 1988			0.24	0.17	0.28	0.10
Cita	25	10.25	0.30		0.36	0.15
Este estudio			0.25	0.17	0.34	0.11
Kidd et al., 1996			0.26	0.19	0.34	0.09
Wicker, 1991			0.23	0.18	0.33	0.12
NRC, 1988			0.25	0.17	0.34	0.11
Cita	26	9.38	0.22		0.29	0.12
Este estudio			0.24	0.16	0.32	0.11
Kidd et al., 1996			0.25	0.17	0.31	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.17	0.31	0.11
NRC, 1988			0.24	0.17	0.28	0.10
Cita	27	9.38	0.25		0.30	0.07
Este estudio			0.24	0.16	0.32	0.11
Kidd et al., 1996			0.25	0.17	0.31	0.09
Wicker, 1991			0.22	0.17	0.31	0.11
NRC, 1988			0.24	0.17	0.28	0.10
Cita	28	8.08	0.19	0.14	0.35	
Este estudio			0.22	0.14	0.27	0.11
Kidd et al., 1996			0.25	0.15	0.27	0.08
Wicker, 1991			0.20	0.15	0.27	0.09
NRC, 1988			0.21	0.15	0.24	0.09

A3. Cálculo del contenido de aminoácidos a partir de la proteína cruda del sorgo y de la harina de soya, en base seca. Continuación

Método de cálculo	#	Proteína				
		cruda (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Treonina (%)	Triptofano (%)
Sorgo						
Cita	29	11.07	0.24	0.18	0.38	
Este estudio			0.27	0.18	0.37	0.10
Kidd et al., 1996			0.26	0.20	0.36	0.10
Wicker, 1991			0.24	0.19	0.36	0.13
NRC, 1988			0.29	0.20	0.33	0.12
Cita	30	9.96	0.20	0.15	0.29	
Este estudio			0.23	0.15	0.30	0.11
Kidd et al., 1996			0.25	0.16	0.30	0.09
Wicker, 1991			0.21	0.16	0.30	0.10
NRC, 1988			0.23	0.16	0.27	0.10

A3. Cálculo del contenido de aminoácidos a partir de la proteína cruda del sorgo y de la harina de soya, en base seca. Continuación

Método de cálculo	#	Proteína				
		cruda (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Treonina (%)	Triptofano (%)
Harina de soya						
Cita	1	53.00	3.00	0.52	1.81	0.84
Este estudio			3.29	0.73	2.05	0.68
Kidd et al., 1996			3.25	0.74	1.99	0.73
Wicker, 1991			3.45	0.80	2.13	0.70
NRC, 1988			3.49	0.63	2.05	0.77
Cita	2	48.49	3.24	0.78	1.99	0.56
Este estudio			3.01	0.69	1.93	0.64
Kidd et al., 1996			2.96	0.68	1.79	0.68
Wicker, 1991			3.22	0.76	2.01	0.66
NRC, 1988			3.19	0.58	1.87	0.70
Cita	3	50.10	2.89	0.34	1.93	
Este estudio			3.11	0.71	1.97	0.66
Kidd et al., 1996			3.07	0.70	1.86	0.70
Wicker, 1991			3.35	0.78	2.08	0.68
NRC, 1988			3.30	0.59	1.94	0.73
Cita	4	47.70	2.31	0.41	1.84	
Este estudio			2.96	0.68	1.91	0.63
Kidd et al., 1996			2.91	0.67	1.76	0.67
Wicker, 1991			3.16	0.75	1.98	0.65
NRC, 1988			3.14	0.57	1.84	0.69
Cita	5	51.10	3.89	0.78	2.31	
Este estudio			3.17	0.72	2.00	0.66
Kidd et al., 1996			3.13	0.72	1.90	0.71
Wicker, 1991			3.37	0.79	2.09	0.69
NRC, 1988			3.37	0.61	1.98	0.74
Cita	6	47.71	2.21	0.50	1.64	
Este estudio			2.96	0.69	1.91	0.63
Kidd et al., 1996			2.91	0.67	1.76	0.67
Wicker, 1991			3.16	0.75	1.97	0.65
NRC, 1988			3.14	0.57	1.84	0.69
Cita	7	49.77	3.32	0.74	1.98	0.60
Este estudio			3.09	0.70	1.96	0.65
Kidd et al., 1996			3.05	0.70	1.85	0.69
Wicker, 1991			3.27	0.77	2.04	0.67
NRC, 1988			3.28	0.59	1.92	0.72

A3. Cálculo del contenido de aminoácidos a partir de la proteína cruda del sorgo y de la harina de soya, en base seca. Continuación

Método de cálculo	#	Proteína				
		cruda (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Treonina (%)	Triptofano (%)
Harina de soya						
Cita	8	47.22	2.96		1.84	0.70
Este estudio			2.93	0.68	1.89	0.63
Kidd et al., 1996			2.88	0.66	1.74	0.67
Wicker, 1991			3.16	0.75	1.98	0.65
NRC, 1988			3.11	0.56	1.83	0.69
Cita	9	52.80	3.79	0.76	2.17	
Este estudio			3.28	0.73	2.05	0.68
Kidd et al., 1996			3.24	0.74	1.98	0.73
Wicker, 1991			3.47	0.81	2.14	0.71
NRC, 1988			3.48	0.63	2.04	0.77
Cita	10	51.34	3.13	0.77	2.14	0.53
Este estudio			3.19	0.72	2.01	0.67
Kidd et al., 1996			3.15	0.72	1.91	0.71
Wicker, 1991			3.41	0.80	2.11	0.70
NRC, 1988			3.38	0.61	1.98	0.75
Cita	11	50.19	3.19	0.67	2.03	0.57
Este estudio			3.12	0.71	1.97	0.66
Kidd et al., 1996			3.07	0.70	1.86	0.70
Wicker, 1991			3.26	0.77	2.03	0.67
NRC, 1988			3.31	0.60	1.94	0.73
Cita	12	48.76	3.26	0.74	2.00	0.61
Este estudio			3.03	0.69	1.94	0.64
Kidd et al., 1996			2.98	0.68	1.80	0.68
Wicker, 1991			3.22	0.76	2.01	0.66
NRC, 1988			3.21	0.58	1.88	0.71
Cita	13	48.64	3.15		1.87	0.59
Este estudio			3.02	0.69	1.93	0.64
Kidd et al., 1996			2.97	0.68	1.80	0.68
Wicker, 1991			3.30	0.78	2.05	0.67
NRC, 1988			3.20	0.58	1.88	0.71
Cita	14	50.32	3.06	0.76	1.97	0.70
Este estudio			3.12	0.71	1.98	0.66
Kidd et al., 1996			3.08	0.70	1.87	0.70
Wicker, 1991			3.34	0.78	2.07	0.68
NRC, 1988			3.31	0.60	1.95	0.73

A3. Cálculo del contenido de aminoácidos a partir de la proteína cruda del sorgo y de la harina de soya, en base seca. Continuación

Método de cálculo	#	Proteína				
		cruda (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Treonina (%)	Triptofano (%)
Harina de soya						
Cita	15	50.89	3.22	0.89	2.00	0.67
Este estudio			3.16	0.71	1.99	0.66
Kidd et al., 1996			3.12	0.71	1.89	0.71
Wicker, 1991			3.38	0.79	2.10	0.69
NRC, 1988			3.35	0.60	1.97	0.74
Cita	16	50.57	3.09	0.68	1.92	0.63
Este estudio			3.14	0.71	1.96	0.66
Kidd et al., 1996			3.10	0.71	1.88	0.70
Wicker, 1991			3.26	0.77	2.03	0.67
NRC, 1988			3.33	0.60	1.95	0.73
Cita	17	55.17	3.38	0.75	2.15	0.70
Este estudio			3.43	0.75	2.11	0.70
Kidd et al., 1996			3.40	0.77	2.06	0.75
Wicker, 1991			3.53	0.82	2.18	0.72
NRC, 1988			3.63	0.65	2.13	0.80
Cita	18	53.69	3.45	0.85	2.06	0.74
Este estudio			3.34	0.74	2.07	0.69
Kidd et al., 1996			3.30	0.75	2.02	0.74
Wicker, 1991			3.51	0.82	2.17	0.71
NRC, 1988			3.54	0.64	2.06	0.78
Cita	19	52.14	3.24	0.72	1.96	
Este estudio			3.24	0.73	2.03	0.67
Kidd et al., 1996			3.20	0.73	1.95	0.72
Wicker, 1991			3.42	0.80	2.11	0.70
NRC, 1988			3.43	0.62	2.02	0.76
Cita	20	52.11	3.26	0.74	2.09	0.70
Este estudio			3.24	0.73	2.03	0.67
Kidd et al., 1996			3.20	0.73	1.95	0.72
Wicker, 1991			3.46	0.81	2.14	0.70
NRC, 1988			3.43	0.62	2.01	0.76
Cita	21	51.11	2.96	0.76	1.91	0.70
Este estudio			3.17	0.72	2.00	0.66
Kidd et al., 1996			3.13	0.72	1.90	0.71
Wicker, 1991			3.40	0.79	2.10	0.69
NRC, 1988			3.37	0.61	1.96	0.74

A3. Cálculo del contenido de aminoácidos a partir de la proteína cruda del sorgo y de la harina de soya, en base seca. Continuación

Método de cálculo	#	Proteína				
		cruda (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Treonina (%)	Triptofano (%)
Harina de soya						
Cita	22	51.11	3.21	0.70	2.02	0.69
Este estudio			3.17	0.72	2.00	0.66
Kidd et al., 1996			3.13	0.72	1.90	0.71
Wicker, 1991			3.40	0.79	2.10	0.69
NRC, 1988			3.37	0.61	1.98	0.74
Cita	23	54.44	3.41	0.76	2.16	0.73
Este estudio			3.38	0.75	2.09	0.69
Kidd et al., 1996			3.35	0.76	2.05	0.74
Wicker, 1991			3.60	0.83	2.21	0.73
NRC, 1988			3.59	0.65	2.10	0.79
Cita	24	48.94	3.22	0.54	2.07	0.86
Este estudio			3.04	0.70	1.94	0.65
Kidd et al., 1996			2.99	0.68	1.81	0.69
Wicker, 1991			3.24	0.77	2.02	0.66
NRC, 1988			3.22	0.58	1.89	0.71
Cita	25	49.80	3.18	0.67	2.03	
Este estudio			3.09	0.70	1.96	0.65
Kidd et al., 1996			3.05	0.70	1.85	0.69
Wicker, 1991			3.29	0.77	2.04	0.67
NRC, 1988			3.28	0.59	1.93	0.72
Cita	26	49.63	2.99		1.98	0.63
Este estudio			3.08	0.70	1.96	0.65
Kidd et al., 1996			3.04	0.69	1.84	0.69
Wicker, 1991			3.31	0.78	2.06	0.68
NRC, 1988			3.27	0.59	1.92	0.72
Cita	27	45.27	3.06	0.76	1.97	0.70
Este estudio			2.81	0.66	1.84	0.61
Kidd et al., 1996			2.75	0.63	1.65	0.65
Wicker, 1991			3.04	0.73	1.91	0.63
NRC, 1988			2.98	0.54	1.75	0.66
Cita	28	47.26	2.96		1.84	0.70
Este estudio			2.93	0.68	1.89	0.63
Kidd et al., 1996			2.88	0.66	1.74	0.67
Wicker, 1991			3.16	0.75	1.98	0.65
NRC, 1988			3.11	0.56	1.83	0.69

A3. Cálculo del contenido de aminoácidos a partir de la proteína cruda del sorgo y de la harina de soya, en base seca. Continuación

Método de cálculo	#	Proteína				
		cruda (%)	Lisina (%)	Metionina (%)	Treonina (%)	Triptofano (%)
Harina de soya						
Cita	29	48.76	2.87		1.88	0.58
Este estudio			3.03	0.69	1.94	0.64
Kidd et al., 1996			2.98	0.68	1.80	0.68
Wicker, 1991			3.26	0.77	2.03	0.67
NRC, 1988			3.21	0.58	1.86	0.71
Cita	30	48.76	2.87		1.88	0.58
Este estudio			3.03	0.69	1.94	0.64
Kidd et al., 1996			2.98	0.68	1.80	0.68
Wicker, 1991			3.26	0.77	2.03	0.67
NRC, 1988			3.21	0.58	1.88	0.71



