

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN NUTRICIÓN



**“EFECTO DE CUATRO PROGRAMAS DE
ALIMENTACIÓN EN BASE A LA PROTEÍNA IDEAL EN EL
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LECHONES”**

Presentada por:

MARIO JACOB VILCA SOTO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN NUTRICIÓN**

Lima – Perú

2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**

**“EFECTO DE CUATRO PROGRAMAS DE
ALIMENTACIÓN EN BASE A LA PROTEÍNA IDEAL EN EL
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LECHONES”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

MARIO JACOB VILCA SOTO

Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado:

Mg.Sc. Marcial Cumpa Gavidia

PRESIDENTE

Ph.D. Víctor Guevara Carrasco

ASESOR

Mg.Sc. Víctor Vergara Rubín

MIEMBRO

Dr. Sergio Rojas Montoya

MIEMBRO

DEDICATORIA

Con mucho cariño a mis padres, Mario y Saturnina, quienes con sus constantes e invalorables esfuerzos, apoyos y comprensión; supieron orientarme en el logro de esta meta.

A mis hermanos: Emma, José, Moisés y Elías, quienes son los motivos para esforzarme y darles ejemplo de que se puede alcanzar las metas propuestas.

A mi esposa Ruth, mis hijas Andrea y Abigail, por su amor y confianza en mí para alcanzar una de las metas propuestas de nuestra vida profesional.

AGRADECIMIENTO

- Al Dr. Juan Kalinowski Echegaray, copatrocinador de la presente tesis y representante de Avícola San Fernando S.A., por brindarme las facilidades necesarias para el desarrollo del presente trabajo de investigación, invaluable apoyo y atinados consejos de profesor y amigo.
- Al Dr. Víctor Guevara Carrasco, patrocinador de la presente tesis, por el apoyo constante como científico y amigo en la realización y redacción del presente trabajo de investigación.
- A la Srta. Carmen Villar, secretaria del Departamento de Nutrición, por su invaluable apoyo como amiga durante mi formación académica.
- A los profesionales amigos: Dr. Carlos Vilchez, Ing. Víctor Vergara, Dr. Sergio Rojas e Ing. Víctor Hidalgo, por sus consejos asertivos para poder lograr alcanzar mis metas y tener una visión más amplia de la vida profesional.
- A todos mis amigos: Aurelio Quispe, William Quevedo, Otto Trinidad y Eliseo Tongo, por los momentos gratos compartidos durante nuestra vida universitaria.
- A todas las personas que de una u otra manera han colaborado en la realización de mi tesis.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	LA PROTEÍNA IDEAL EN LA NUTRICIÓN DE CERDOS	3
2.2.	EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE LISINA EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LECHONES EN LA ETAPA DE RECRÍA	9
2.3.	REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS DEL CERDO EN LA ETAPA DE RECRÍA	11
2.4.	MODELOS PARA REQUERIMIENTO DE ENERGÍA Y AMINOÁCIDOS EN CERDOS DESTETADOS	12
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1.	LOCALIZACIÓN	15
3.2.	INSTALACIONES	15
3.3.	EQUIPOS	15
3.4.	ANIMALES EXPERIMENTALES	15
3.5.	TRATAMIENTOS	16
3.6.	Dietas experimentales	17
3.7.	CONTROLES	22
3.7.1.	Peso vivo	22
3.7.2.	Consumo de alimento	22
3.7.3.	Conversión alimenticia	22
3.7.4.	Incidencia de disturbios gastroentéricos	22
3.8.	DISEÑO ESTADÍSTICO	22
3.9.	MODELO DE PREDICCIÓN DEL CONSUMO DE LISINA TOTAL	23
3.10.	MODELO DE PREDICCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA METABOLIZABLE	23
3.11.	ANÁLISIS DE COVARIANCIA	24
3.12.	PRUEBA DE DUNCAN	25
3.13.	VALIDACIÓN DEL MODELO	25

3.14. RETRIBUCIÓN ECONÓMICA	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS LECHONES	27
4.2. PREDICCIÓN DEL CONSUMO DE LISINA.....	30
4.3. RETRIBUCIÓN ECONÓMICA	34
V. CONCLUSIONES.....	36
VI. RECOMENDACIONES.....	37
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
VIII. ANEXOS	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>La composición de aminoácidos de la proteína ideal</i>	6
Tabla 2: <i>Estimados de la composición de aminoácidos de la proteína ideal</i>	7
Tabla 3: <i>Patrón Ideal de aminoácidos esenciales para los cerdos en Tres Categorías de Pesos</i>	8
Tabla 4: <i>Niveles Recomendados de Nutrientes para un Programa de Dietas de Tres Fases para Cerdos de Inicio PIC</i>	13
Tabla 5: <i>Composición porcentual de ingredientes de las dietas experimentales</i>	17
Tabla 6: <i>Valor nutritivo porcentual calculado de las dietas experimentales</i>	18
Tabla 7: <i>Composición de la premezcla de vitaminas, minerales y aditivos utilizados en las dietas experimentales (Expresado por kilogramo de mezcla)</i>	19
Tabla 8: <i>Análisis proximal porcentual de las dietas experimentales</i>	20
Tabla 9: <i>Aminograma de las dietas experimentales</i>	21
Tabla 10: <i>Efecto de los niveles de lisina del programa de alimentación en la performance de lechones de 18 a 60 días de edad</i>	28
Tabla 11: <i>Consumo de Lisina y Energía Metabolizable</i>	29
Tabla 12: <i>Ecuaciones de predicción</i>	30
Tabla 13: <i>Consumo diario de alimento</i>	32
Tabla 14: <i>Consumo diario estimado y calculado de lisina total</i>	33
Tabla 15: <i>Retribución económica de los tratamientos a los 60 días</i>	35

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: COSTO DE LOS INGREDIENTES UTILIZADOS EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....	42
ANEXO 2: PARÁMETROS DE HOMOGENEIDAD DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES USADAS EN EL EXPERIMENTO	43
ANEXO 3: EVALUACIÓN ESTADÍSTICA – FASE I.....	45
ANEXO 4: EVALUACIÓN ESTADÍSTICA – FASE TOTAL.....	50
ANEXO 5: COMPOSICIÓN CORPORAL DE LECHONES DESDE EL NACIMIENTO HASTA LOS 20 KG, JUNTO CON LA EDAD Y GANANCIA DE PESO ESPERADA*	54
ANEXO 6: ESPECIFICACIONES NUTRICIONALES (PIC, 1996 Y NRC, 1998) ...	55
ANEXO 7: PESOS INICIAL Y FINAL DE CADA FASE	56
ANEXO 8: ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS A Y B SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES NUTRICIONALES DE PIC (1999).....	57
ANEXO 9: PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE EM POR DÍA.....	58
ANEXO 10: TEMPERATURAS REGISTRADAS DURANTE LAS FASES (en °C)	59
ANEXO 11: ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE GRASA Y PROTEÍNA CORPORAL DEL CERDO.....	60
ANEXO 12: ANÁLISIS PROXIMAL DE LOS LOTES DE ALIMENTO PREPARADO*	61

RESUMEN

La proteína ideal es muy importante en la formulación de dietas porque se maximiza la eficiencia de uso de la proteína, ya que los aminoácidos esenciales se calculan como porcentaje de lisina. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de cuatro programas de alimentación en base a la proteína ideal y diferentes niveles de lisina en el comportamiento productivo de lechones de 18 a 60 días de edad. Los lechones fueron alimentados con cuatro programas de alimentación (tratamientos) en dos fases. En la Fase I (18 a 39 días de edad): Tratamiento 1: 1.36 por ciento de lisina total en la proteína ideal; Tratamiento 2: 1.36 por ciento de lisina total en la proteína ideal; Tratamiento 3: 1.45 por ciento de lisina total en la proteína ideal; Tratamiento 4: 1.45 por ciento de lisina total en la proteína ideal. En la Fase II (40 a 60 días de edad): Tratamiento 1: 1.19 por ciento de lisina total en la proteína ideal; Tratamiento 2: 1.28 por ciento de lisina total en la proteína ideal; Tratamiento 3: 1.19 por ciento de lisina total en la proteína ideal. Tratamiento 4: 1.28 % de lisina total en la proteína ideal. Los cerdos alimentados con el programa de alimentación con 1.45 % de lisina total en la primera fase y 1.28 por ciento de lisina total en base a la proteína ideal en la segunda fase obtuvieron pesos y tasas de crecimiento significativamente mejores ($P < 0.05$) comparados a los que recibieron 1.36 por ciento de lisina en base a la proteína ideal en la primera fase al final de la experimentación. El mejor mérito económico se consiguió con el programa de alimentación que contenía 1.45 por ciento de lisina total en la primera fase y 1.28 por ciento de lisina total en base a la proteína ideal en la segunda fase.

Palabras clave: Proteína ideal, lisina, lechón

ABSTRACT

The ideal protein is very important in the formulation of diets because the efficiency of use of the protein is maximized, since the essential amino acids are calculated as a percentage of lysine. The present research work aimed to evaluate the effect of four feeding programs based on the ideal protein and different levels of lysine of piglets from 18 to 60 days of age. The piglets were fed with four feeding programs (treatments) in two phases. In Phase I (18 to 39 days of age): Treatment 1: 1.36 percent of total lysine in the ideal protein; Treatment 2: 1.36 percent of total lysine in the ideal protein; Treatment 3: 1.45 percent of total lysine in the ideal protein; Treatment 4: 1.45 percent of total lysine in the ideal protein. In Phase II (40 to 60 days of age): Treatment 1: 1.19 percent of total lysine in the ideal protein; Treatment 2: 1.28 percent of total lysine in the ideal protein; Treatment 3: 1.19 percent of total lysine in the ideal protein. Treatment 4: 1.28 percent of total lysine in the ideal protein. Pigs fed the feeding program with 1.45 percent total lysine in the first phase and 1.28 percent total lysine based on the ideal protein in the second phase obtained significantly better weights and growth rates ($P < 0.05$) compared to who received 1.36 percent lysine based on the ideal protein in the first phase at the end of the experiment. The best was achieved with the feeding program that contained 1.45 percent of total lysine in the first phase and 1.28 percent of total lysine based on the ideal protein in the second phase.

Key words: Ideal protein, lysine, piglet

I. INTRODUCCIÓN

La necesidad de alcanzar altos consumos y buena utilización del alimento sin provocar una condición de diarrea hace que se necesite dietas para cerdos de inicio que sean altas en digestibilidad y palatabilidad para ayudar a la transición de la leche de la marrana a un alimento sólido. Los nutrientes de la leche son simples (lactosa, grasa, proteínas de la leche) y más fácilmente digeribles, pero el almidón y las proteínas vegetales de las dietas secas son más complejas y menos digeribles, especialmente antes que ocurra la absorción observándose un bajo consumo de alimento de inicio antes del destete y la mayor parte de la transición de la dieta ocurre durante los primeros 7 – 10 días post destete.

La mejor fuente de proteína para el lechón antes del destete es la leche, la cual le proporciona un nivel de 28.5 % de proteína y 6 Kcal/g de energía, en base seca aproximadamente. El nivel de lisina en esta es el adecuado, sin embargo, en nuestro medio se usan niveles más bajos inclusive que los recomendados por la guía de manejo de la línea y el uso de lisina sintética es mínimo.

Hoy la proteína ideal es muy importante en la formulación de dietas para cerdos porque se maximiza la eficiencia de uso de la proteína, ya que los aminoácidos esenciales se calculan como porcentaje de lisina, dando una serie de ventajas en el uso de tablas de recomendaciones.

Estudios sobre niveles de lisina en base a la proteína ideal no han sido reportados con dietas comerciales en cerdos destetados o la etapa de recría donde con el incremento de lisina se haya mantenido la misma relación de los aminoácidos al aminoácido de referencia.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo de investigación es evaluar el efecto de cuatro programas de alimentación en base a la proteína ideal y diferentes niveles de lisina en el comportamiento productivo de lechones de 18 a 60 días de edad. Adicionalmente se ha validado un modelo de estimación del consumo de lisina.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA PROTEÍNA IDEAL EN LA NUTRICIÓN DE CERDOS

Para formular dietas se hace uso de los requerimientos de los animales recomendados por los diferentes Consejos Nacionales de Investigación como por ejemplo el Agricultural Research Council y el National Research Council. Los requerimientos provienen de los resultados de los experimentos de medición de la performance (usualmente ganancia de peso y conversión alimenticia, relacionados al consumo de aminoácidos) en un ambiente particular. Como se sabe, las poblaciones de cerdos están sujetos a continuos cambios genéticos y ambientales, pero en este último caso no solo al climático, sino al social y al microbial, teniendo gran impacto sobre la performance del animal. Pero las tablas de requerimientos de nutrientes dan recomendaciones para un amplio rango de pesos y estados, pero no para un determinado cerdo y ambiente.

Las recomendaciones publicadas generalmente son para amplios rangos de peso, por ejemplo, 15 – 50 Kg. y de 50 – 90 Kg., porque los requerimientos cambian constantemente. También se sabe que los cerdos de diferente sexo y genotipo requieren cantidades muy diferentes de aminoácidos para alcanzar la máxima performance. Pese a esta realidad no hay evidencia que el balance de aminoácidos requerido por los cerdos de diferente sexo y genotipo varíe. Entonces el concepto de proteína ideal nos permite expresar los requerimientos de aminoácidos en una simple cantidad, en la cual cada aminoácido está representado en la correcta proporción.

La proteína ideal puede ser descrita de muchas maneras: como un balance óptimo de aminoácidos en la dieta; un balance de aminoácidos en las proporciones exactas en las que la requieren los cerdos; un patrón de aminoácidos de la dieta que da la máxima utilización de la proteína de la dieta; un balance de aminoácidos que no puede ser mejorado por alguna adición o sustitución de aminoácidos y aquella parte de cualquier proteína de la dieta que es completamente utilizable (Fuller *et al.* 1989b).

En realidad, el concepto de la proteína ideal tuvo su origen en el intento de relacionar la composición de aminoácidos de las proteínas y su valor nutritivo. También se conocía que las dietas con bajas concentraciones de lisina no soportaban un buen crecimiento. Entonces probaron con el valor biológico de la proteína, que medía la utilización del nitrógeno de la dieta, pero como no era aditivo, no se tomó importancia. Luego con la determinación de la esencialidad de la lisina y de los otros aminoácidos y el establecimiento de la dependencia del valor nutritivo de la composición de aminoácidos asignando un escor (tasa del primer aminoácido limitante en la dieta con respecto a su concentración ideal) utilizando a la proteína del huevo como proteína de referencia (Fuller *et al.* 1989b).

Ya sea que un animal crezca o no, este requiere una fuente de aminoácidos para reemplazar los que son continuamente removidos del reservorio tisular hacia precursores de otras sustancias u oxidados, lo cual constituye el requerimiento de mantenimiento. Para el aumento de proteína corporal se requiere de un constante suministro de aminoácidos. En un sentido dinámico, la mayor fuente de aminoácidos para ambas necesidades es la degradación de la proteína, siendo la dieta la última fuente, donde las proporciones relativas de la necesidad total de aminoácidos dependen de la tasa de crecimiento del cerdo. En el crecimiento la necesidad de mantenimiento es algo del 10 %, pero mientras crece el mantenimiento llega a ser un componente predominante del requerimiento.

Block y Bolling (1944) notaron que las proteínas de alto valor nutricional se parecían, en su composición, a la de los tejidos de los animales, dando mucha importancia a la composición de la proteína formada como el requerimiento para el aumento de proteína corporal. Se hicieron muchas investigaciones al respecto demostrando muy buenas correlaciones entre los requerimientos y la composición de los aminoácidos del tejido. Mitchell (1950) propuso que los requerimientos de aminoácidos podrían ser estimados de un experimento empírico sobre la respuesta para un solo aminoácido (él sugirió a la lisina) siendo los otros estimados de sus porcentajes con relación a la lisina en los tejidos. Así entonces, la composición de aminoácidos de la proteína corporal fue el primer estimado de proteína ideal.

Howard *et al.* (1958) usaron el término de “proteína completa” para expresar la misma idea y demostraron como las proteínas deficientes en diferentes aminoácidos pudieron ser comparadas por referencia a un estándar.

Como se mencionó antes, el valor biológico no es aditivo, pero la composición de aminoácidos de donde se estima el “escor químico” de cualquier mezcla de proteínas, proporciona la base de un sistema aditivo. La proteína ideal es un claro vínculo entre los conceptos de requerimientos de aminoácidos y los de calidad de proteína.

El ARC (1967) hizo la primera revisión sobre los Requerimientos de Nutrientes de los Cerdos, dando recomendaciones limitadas solo para cinco aminoácidos: lisina, treonina, metionina (+ cistina), isoleucina y triptófano; sin crítica alguna por parte de ellos. La razón por lo que el vínculo entre los requerimientos de aminoácidos y la calidad de la proteína se debilitó fue que en la formulación de las dietas se encontró que ingredientes usualmente disponibles eran muy deficientes en lisina y en algunos casos triptófano, metionina + cistina y la treonina. Pero con la disponibilidad de la fabricación industrial de los aminoácidos, lisina, metionina, treonina y triptófano, la situación ha cambiado, habiendo la posibilidad de poder incluir estos cuatro aminoácidos para satisfacer exactamente las necesidades; pero un quinto aminoácido puede ser el limitante.

Luego el ARC (1981) revivió la idea de la proteína ideal y la puso en práctica en la formulación de dietas para cerdos. Utilizó los datos obtenidos de los experimentos realizados en 1967 por el propio ARC en donde se estimaron los requerimientos de los aminoácidos individuales. La mayoría de los experimentos se realizaron en cerdos de crecimiento (20 – 90 Kg.) para lisina, treonina, isoleucina, metionina + cistina y triptófano. Entonces se encontró que la variación en los estimados para un aminoácido particular se redujo si el requerimiento era expresado en relación a la lisina (escogido como el aminoácido de referencia). También determinaron la concentración óptima de lisina en la proteína que fue de 6 y 8 g/16 g N, entonces el estimado preferido fue de 7 g/16g N. Luego a partir de tres experimentos específicamente diseñados se derivó un balance óptimo de aminoácidos, éste tomando en cuenta siempre la composición del tejido corporal, como se puede ver en la Tabla 1.

El ARC (1981) demostró que la tasa de aumento de proteína de los cerdos a los que se les dieron dietas con diferentes aminoácidos limitantes estuvo mucho más relacionada a la proteína ideal que a la proteína cruda total.

Entonces la proteína ideal fue utilizada como referencia para valorar la calidad de la proteína en un número de experimentos en cual el crecimiento de los cerdos y la eficiencia alimenticia fue relacionado al suministro de proteína; y la calidad de la proteína fue expresada como el “escor químico”, es decir, la tasa de la concentración del aminoácido limitante en la proteína para su concentración en la proteína ideal.

Tabla 1: La composición de aminoácidos de la proteína ideal

	(g/16gN)	% de Lisina
Lisina	7.0	100
Treonina	4.2	60
Metionina + cistina	3.5	50
Triptófano	1.0	15
Isoleucina	3.8	55
Leucina	7.0	100
Histidina	2.3	33
Fenilalanina + tirosina	6.7	96
Valina	4.9	70

FUENTE: ARC (1981)

Fuller *et al.* (1983) notaron que los cerdos utilizaban mucho mejor la proteína al incrementar los niveles de metionina y también de treonina, entonces se tuvo que reexaminar minuciosamente la proteína ideal propuesta por el ARC en 1981. Entonces Wang y Fuller en 1987 y 1989 por medio de experimentos relacionando los aminoácidos esenciales sobre los no esenciales encontraron que con la relación de 50:50 se obtenía la tasa más alta de aumento de proteína, significativamente más alto que el del ARC de 1981 que tenía una relación de 45:55. De esto se dijo que arriba de la relación de 45:55 está el óptimo, correspondiéndole una concentración de lisina de 6.5 g/16g N en la proteína, tomándolo como punto mínimo con el máximo aumento de proteína.

Los valores recalculados se muestran en la segunda columna de la Tabla 2. Baker y Chung (1992) propusieron los porcentajes ideales de aminoácidos para los cerdos en tres diferentes clases de pesos (Tabla 3). Basado en cálculos adicionales como también en reciente investigación empírica por Baker en 1993 y 1994 y Hahn y Baker en 1995, los porcentajes originales para las fases de crecimiento tardío han sido modificados hasta cierto punto.

Tabla 2: Estimados de la composición de aminoácidos de la proteína ideal

	(g/16gN)	% de Lisina
Lisina	6.5	100
Treonina	4.7	72
Metionina + cistina	4.1	63
Triptófano	1.2	18
Isoleucina	3.9	60
Leucina	7.2	110
Fenilalanina + tirosina	7.8	120
Valina	4.9	75

FUENTE: Wang y Fuller (1989)

El requerimiento de mantenimiento para lisina es bajo en relación al requerimiento de mantenimiento de los otros aminoácidos (por ejemplo treonina, cistina). El porcentaje ideal de ciertos aminoácidos para cerdos jóvenes no pueden ser aplicados sin ajuste a los cerdos de más edad (Baker 1995).

Hay algunos datos con cerdos y muchas en otras especies que muestran que el patrón de aminoácidos requeridos para mantenimiento es bastante diferente del de deposición de proteína, esto quiere decir, que teóricamente, la proteína cambia continuamente a medida que el animal crece. Teniendo valores separados para mantenimiento y deposición de proteína se pudo construir teóricamente una proteína ideal para los animales en diferentes etapas de madurez y crecimiento a diferentes tasas. Pero estas predicciones aun no han sido confirmadas por experimentos directos.

Tabla 3: Patrón Ideal de aminoácidos esenciales para los cerdos en Tres Categorías de Pesos

Aminoácido	Fase 1	Fase 2	Fase 3
	4.5 a 18.1 Kg.	18.1 a 54.4 Kg	54.4 a 118 Kg.
Lisina	100	100	100
Treonina	65	67	70
Triptófano	17	18	19
Metionina	30	30	30
Cistina	30	32	35
Met + Cis	60	62	65
Isoleucina	60	60	60
Valina	68	68	68
Leucina	100	100	100
Fen + Tir	95	95	95
Arginina	42	36	30
Histidina	32	32	32

FUENTE: De Chung y Baker (1992), Baker y Chung (1992), Baker (1993), y Baker (1994). Los porcentajes son expresados sobre una base de digestibilidad verdadera.

Baker (1995) encontró que, con el efecto del incremento de peso, la composición de aminoácidos de la Proteína Ideal cambia distintamente, por arriba de 10 % en algunos casos.

Es muy importante mencionar que las dietas que se utilizaron fueron con ingredientes que prácticamente fueron digeridos completamente, entonces la proteína ideal derivada de esta describe las necesidades intrínsecas de los cerdos para el metabolismo. Pero sin embargo, los ingredientes que se usan en la práctica son menos digestibles y se necesita expresar estos valores en el contexto práctico. Es esencial que si la proteína ideal está en términos de aminoácidos digestibles los aminoácidos de los ingredientes también estén en las mismas unidades (Fuller *et al.* 1989b).

Las necesidades de aminoácidos actualmente son expresadas como proporciones deseadas en relación a la lisina, priorizando la cantidad exacta del requerimiento de lisina digestible

verdadera para diferentes pesos corporales y para diferentes densidades calóricas (Baker 2000).

2.2. EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE LISINA EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LECHONES EN LA ETAPA DE RECRÍA

Los requerimientos de lisina de los cerdos de inicio han sido extensamente investigadas y revisadas (NRC 1998). Los resultados de estos ensayos indicaron que el nivel de lisina estimado para el rango de 10 a 20 Kg. es desde 0.95 a 1.34 % en la dieta. Muchos factores pueden ser responsables para esta amplia variación en la estimación de los requerimientos, pero, en cerdos jóvenes que crecen rápidamente, una variable de importancia es el efecto interactivo entre la densidad de energía y el consumo de lisina (Campbell y Dukin 1983; Zhang *et al.* 1986).

Debido a la importancia económica de la fuente de energía y aminoácidos en la formulación de las dietas, las investigaciones se han enfocado en la determinación de la relación óptima de lisina:caloría para maximizar la performance en los cerdos destetados y en el crecimiento. Usando dietas con bajo contenido energético basadas en cebada, Nam y Aherne (1994) determinaron que 3.97 g lisina: Mcal ED fue lo óptimo encontrado para cerdos destetados (9 a 26 Kg).

Lawrence *et al.* (1994) determinaron que de 20 a 50 Kg. los cerdos requieren 3.0 g de lisina: Mcal ED. Esto fue similar a los resultados de Chiba *et al.* (1991), quienes demostraron que al incrementar la relación lisina: EM (1.5 a 3.2 g lisina / Mcal EM) mejoró la ganancia diaria de peso promedio y la eficiencia alimenticia en los cerdos de 20 a 50 Kg. Ya que la deposición de proteína de cerdos jóvenes (menores de 50 Kg.) parece ser limitada por el consumo de alimento y energía (Bikker y Verstegen 1993), la formulación de las dietas para cerdos en este rango de peso se basa en la relación lisina:caloría.

Smith *et al.* (1999) encontraron resultados que sugieren que los cerdos de 10 a 25 Kg. alimentados con dietas que contienen 3.38 Mcal EM/Kg tuvieron una relación ganancia:consumo de alimento máxima. El incremento de la profundidad de grasa dorsal

de los cerdos alimentados con 3.51 Mcal EM sin corregir la relación lisina:EM sugiere una diferencia en la utilización de las calorías de los lípidos y de los carbohidratos.

Las dietas suministradas a cerdos de 10 a 25 Kg. criados en un sistema de destete segregado temprano deberían incluir 3.40 Mcal de energía metabolizable por kilogramo de alimento y al menos 4.35 g de lisina/Mcal de EM. Los cerdos alimentados con alta densidad de energía (3.51 Mcal EM / Kg.) tuvieron la profundidad de grasa incrementada independientemente de la relación lisina:caloría EM. (Smith *et al.* 1999).

Mahan *et al.* (1993) demostraron que una buena calidad de suero secado agregado a las dietas de cerdos destetados de 3 a 4 semanas de edad (con 0.95 % ó 1.10 % ó 1.25 % lisina total) dieron como resultado tasas incrementadas de crecimiento, consumo de alimento y ganancia: alimento. La adición de L-lisina HCl a la dieta maíz-soya cada una con o sin suero secado no aumentó la respuesta de performance en ganancia o consumo de alimento. Cuando la lisina suplementaria fue proporcionada desde el suero secado hubo respuesta en el crecimiento a cada nivel de lisina. Los resultados indicaron que la lisina de la dieta no es el primer nutriente limitante en la dieta maíz-soya o maíz-soya-suero secado, sino un factor en el suero, probablemente la lactosa, puede haber causado la respuesta en crecimiento.

El aumento de proteína corporal en los cerdos en crecimiento en gran parte es independiente de las condiciones climáticas a menos que el consumo diario de aminoácidos y/o energía de la dieta llegue a ser limitante (Stahly y Cromwell 1979; Stahly *et al.* 1979; Schoenherr *et al.* 1986). Consecuentemente, los cambios de temperatura inducidos pueden influenciar en el consumo de alimento de óptima concentración en aminoácidos (es decir, lisina) de los cerdos destetados. Además, las adiciones de grasa en la dieta para las cantidades sustanciales de grasa corporal depositada en animales en crecimiento, han demostrado que se reduce la cantidad de calor corporal producido, aparentemente debido a la deposición directa de la grasa de la dieta en los depósitos de grasa corporal (Stahly 1984; Schoenherr *et al.* 1986).

Schenck *et al.* (1992) encontraron que las respuestas a los niveles de lisina y grasa de la dieta en el crecimiento y la composición corporal de los cerdos destetados de aproximadamente 28 a 70 días de edad (7 a 25 Kg. de peso corporal) dependen del

ambiente térmico en el cual los animales están alojados. Una temperatura ambiental alta reduce el consumo y necesita de concentraciones más grandes de lisina en la dieta, y probablemente otros nutrientes, para optimizar la performance de los cerdos destetados. El régimen óptimo de la dieta para los cerdos destetados dependerá del ambiente térmico en que los animales son mantenidos durante la etapa de desarrollo postnatal del cerdo.

Los dos componentes más grandes del requerimiento de proteína para cerdos en crecimiento son los de mantenimiento y los de crecimiento de tejido. La eficiencia con que la proteína de la dieta es utilizada para el mantenimiento y crecimiento de tejido afectará la cantidad de proteína de la dieta que debe ser suplementada. Sin embargo, la eficiencia de utilización de la proteína de la dieta no necesariamente es igual a la de los aminoácidos particulares (Baker 1991; Chung y Baker 1992). Por lo tanto, el dato de utilización de proteína no proporciona conocimiento alguno sobre la eficiencia de utilización de los aminoácidos particulares. Además, las diferencias que existen entre el patrón de aminoácidos requerido para el mantenimiento y para el crecimiento de tejido y el requerimiento total, por lo tanto, deben depender de las contribuciones relativas del mantenimiento y del crecimiento tisular a las necesidades totales (Fuller *et al.* 1989a). En la producción de cerdos, los valores para la eficiencia de utilización de los aminoácidos para el crecimiento de la carcasa facilitarán el desarrollo de modelos y el mejoramiento de la exactitud de tales modelos para mejorar la predicción de la performance del animal bajo una variedad de situaciones nutricionales.

Adeola (1995) realizó dos estudios en cerdos jóvenes. El primer estudio proporciona una estimación de la eficiencia de 72 % con que la lisina de la dieta es utilizada para su deposición en la carcasa de cerdos que pesan de 10 a 20 Kg. En el segundo estudio indica, que la eficiencia de utilización de la treonina de la dieta es de 60 % para la deposición en la carcasa de cerdos que pesan 10 a 20 Kg. Estas estimaciones de eficiencia son de valor para el desarrollo de modelos para predecir mejor la performance del cerdo y para identificar vías para mejorar la eficiencia de utilización del aminoácido.

2.3. REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS DEL CERDO EN LA ETAPA DE RECRÍA

El establecimiento de la relación óptima de lisina a energía metabolizable es un punto crítico para el mejoramiento de la performance del cerdo.

La ganancia potencial magra no es relativamente alta en cerdos jóvenes post destete (alta con relación al peso corporal). Debido a su relativamente bajo consumo de alimento, las dietas con alto contenido de lisina son requeridas para alcanzar el óptimo consumo de lisina.

Los requerimientos para otros aminoácidos esenciales serían puestos en relación a la lisina como una función de la proteína ideal para satisfacer el balance necesitado para la deposición de la proteína y el mantenimiento (Tabla 4). El sodio es otro nutriente clave que afecta el consumo de alimento y agua (PIC 1996).

2.4. MODELOS PARA REQUERIMIENTO DE ENERGÍA Y AMINOÁCIDOS EN CERDOS DESTETADOS

El modelo de crecimiento no estima los requerimientos de energía o aminoácidos para los cerdos destetados que pesan menos de 20 Kg. de peso corporal, debido a la información insuficiente sobre las relaciones biológicas en esta etapa temprana de crecimiento. Sin embargo, la ecuación matemática se usa para determinar el porcentaje de lisina total requerida de la dieta en un peso dado entre 3 y 20 Kg. La ecuación de regresión representa la línea más apropiada a través de los siguientes requerimientos estimados basados sobre datos empíricos: 1.45 % lisina en 5 Kg, 1.25 % lisina en 10 Kg, 1.15 % lisina en 15 Kg, y 1.05 % lisina en 20 Kg de peso corporal. La ecuación es:

$$\text{Lisina (\%)} = 1.793 - (0.0873 \cdot \text{BW}) + (0.00429 \cdot \text{BW}^2) - (0.000089 \cdot \text{BW}^3)$$

BW : Peso Corporal (Kg.)

Los porcentajes de digestibilidad ileal verdadera y aparente de lisina fueron calculados por un nuevo arreglo de la ecuación. Se reconoce que estos coeficientes se aplican a mezclas de maíz- soya y no se toman en cuenta otros ingredientes (leche y/o subproductos de sangre) que probablemente estarán en las dietas para cerdos jóvenes. El porcentaje de lisina digestible ileal verdadera es convertido en gramos por día y el requerimiento de lisina para incremento de proteína es calculado por la sustracción del requerimiento de lisina para el mantenimiento y el incremento que es usado para calcular el requerimiento digestible ileal

verdadero para cada uno de los otros aminoácidos. Los requerimientos totales (mantenimiento más aumento) son expresados como un porcentaje del consumo y entonces pueden ser convertidos a aparente y total.

Tabla 4: Niveles Recomendados de Nutrientes para un Programa de Dietas de Tres Fases para Cerdos de Inicio PIC

Nutriente, %	Destete a 4.54 Kg ^b	Fase 1 4.54–6.81 Kg.	Fase 2 6.81–11.35 Kg.	Fase 3 11.35–22.7 Kg.
Consumo, Kg/día	0.16	0.30	0.45	0.93 ^c
EM NRC, Kcal/Kg	3546	3502	3436	3370
Grasa total	6 – 8	4 – 7	3 – 6	3 – 5
Proteína	21 – 23	20 – 22	19 – 21.5	19 – 21
Lisina total	1.70	1.50	1.35	1.25
Lisina:EM, g/Mcal	4.80	4.30	3.95	3.70
Metionina	0.51	0.45	0.40	0.38
Met + Cis	1.02	0.90	0.81	0.75
Treonina	1.10	0.98	0.87	0.81
Triptófano	0.31	0.27	0.24	0.23
Calcio	0.95 – 1.05	0.85–0.95	0.80–0.90	0.80–0.90
Fósforo total	0.80	0.75	0.70	0.70
Fósforo disponible	0.55	0.50	0.45	0.45
Sodio	0.18 – 0.30	0.18–0.25	0.16–0.20	0.16–0.20
Sal	0.50 – 1.00	0.50–0.80	0.40–0.60	0.40–0.60
Lactosa mínima ^d	20 - 25	10	7	0

FUENTE: Patrón de aminoácidos de acuerdo a la U. Illinois para cerdos de 5 – 20 Kg. (Baker 1994). Metionina limitada al 30 % de lisina.

b. Para cerdos destetados temprano (ejemplo, 12 – 17 días) o cerdos pequeños en general.

c. Cantidad mostrada es pellet, pero molido y mezclado puede ser 5 % más alto.

d. Se puede reducir si se usa otro disacárido sustituible.

Este método de estimación de los requerimientos de los otros aminoácidos basados sobre su proporción a la lisina, parece lógico, pero no hay evidencia experimental para apoyar tal como un método.

El consumo de ED es estimado por una modificación de la ecuación de la National Research Council (1987) para cerdos que pesan menos de 20 Kg. de peso corporal, como sigue:

$$\text{Consumo de ED (Kcal/día)} = -133 + (251 \cdot \text{BW}) - (0.99 \cdot \text{BW}^2)$$

BW: Peso Corporal (Kg.)

El consumo entonces es determinado dividiendo el consumo de ED por la concentración de ED de la dieta. Los requerimientos diarios de los aminoácidos (verdadero, aparente, total) son calculados por multiplicar los porcentajes estimados por el consumo diario de alimento.

Las ecuaciones de estimación de aminoácidos no toman en cuenta las diferencias en el potencial genético para la tasa de crecimiento o las diferencias en el estado de la salud, ambos de lo que probablemente tienen un gran impacto sobre los requerimientos de cerdos destetados. El género tampoco es considerado. La temperatura y el espacio por cerdo, sin embargo, pueden ser anotados ya que afectan en la estimación del consumo de ED.

El modelo de crecimiento no siempre permitió una transición suave en los requerimientos de los aminoácidos desde el fin de la fase de inicio (19.9 Kg. de peso corporal) hacia el inicio de la fase de crecimiento (20 Kg. de peso corporal). Esto debido a que el factor del modelo que estima los requerimientos de los aminoácidos a los 20 Kg. está basado en la tasa de crecimiento magro de los cerdos, mientras que la tasa de crecimiento magro no se toma en cuenta en el modelo durante la fase de inicio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El experimento se llevó a cabo en la Granja PCH-3, perteneciente a la empresa San Fernando S. A., situado en el Valle de Chillón.

3.2. INSTALACIONES

Desde el destete (18 días) hasta los 60 días de edad se utilizaron salas de recría, 30 jaulas de metal, de 1.0 x 2.0 metros de superficie y elevadas a 0.50 metros con respecto al piso. Cada jaula con piso de rejilla metálica hasta la mitad de la superficie y lo demás con piso de concreto, equipada con una campana como fuente de calor, un bebedero tipo chupón y un comedero tipo tolva de 25 Kg. de capacidad, la cual albergó 14 lechones.

3.3. EQUIPOS

Cada sala de maternidad y recría cuenta con materiales de limpieza, marcadores, tatuadores y termómetros ambientales, los cuales son revisados diariamente tomando nota de las temperaturas máximas y mínimas en una hoja de control a las 7 a.m. (Anexo 10).

Para el control de los pesos iniciales se utilizó una balanza electrónica de capacidad de 20 Kg. con 20 g de aproximación y otra balanza electrónica de capacidad de 500 Kg. con aproximación de 0.5 Kg. para los pesos semanales hasta el fin de la prueba.

3.4. ANIMALES EXPERIMENTALES

Se utilizaron lechones de cruce Camborough 22 x MP400 de la compañía genética Pig Improvement Company (PIC).

Antes del inicio de la prueba, en la sala de maternidad se hizo una selección de 34 camadas homogéneas (10 lechones en cada una) de diferente número de parto (desde el 1ro hasta el

7mo parto), los lechones de estas camadas a su nacimiento no difieren en más de 48 horas dentro de cada repetición o bloque.

Las camadas estuvieron conformadas por 10 lechones (5 hembras y 5 machos), lo que se logró por uniformización por tamaño (Anexo 2) y fueron alimentadas con una mezcla 50:50 de las dietas utilizadas en la prueba de la Fase I.

De estas 34 camadas se seleccionaron 280 lechones para la prueba, los cuales fueron asignados a 4 tratamientos con 5 repeticiones de 14 animales cada una balanceada por sexo. Estos fueron tatuados con códigos diferentes. Los grupos de cerdos para los tratamientos fueron de acuerdo al peso promedio de destete. Todos los grupos tuvieron promedios similares

3.5. TRATAMIENTOS

Los lechones fueron alimentados con cuatro programas de alimentación (tratamientos) en dos fases.

En la Fase I (18 a 39 días de edad):

Tratamiento 1: 1.36 % de lisina total en la proteína ideal

Tratamiento 2: 1.36 % de lisina total en la proteína ideal

Tratamiento 3: 1.45 % de lisina total en la proteína ideal

Tratamiento 4: 1.45 % de lisina total en la proteína ideal

En la Fase II (40 a 60 días de edad):

Tratamiento 1: 1.19 % de lisina total en la proteína ideal

Tratamiento 2: 1.28 % de lisina total en la proteína ideal

Tratamiento 3: 1.19 % de lisina total en la proteína ideal

Tratamiento 4: 1.28 % de lisina total en la proteína ideal

3.6. Dietas experimentales

Las dietas experimentales fueron formuladas por computadora usando el programa BRILL. Los análisis proximales y la preparación de las dietas fueron realizadas en la planta de alimentos de Molinos Mayo S. A., empleando el laboratorio de análisis químicos, una mezcladora horizontal de 1.0 TM de capacidad y una peletizadora con una matriz para pellets de 1/8 de pulgada. Los niveles de lisina se incrementaron en términos de la proteína ideal, es decir, el nivel de lisina se cambió, pero se mantuvo la misma relación de los aminoácidos al aminoácido de referencia.

Se formularon dietas experimentales (Tabla 5, 6 y 7) que cubrieron los requerimientos recomendados por PIC (1996) ajustados sobre la base de proteína ideal propuesto por Baker en 1995, corrigiendo el nivel de triptófano, tomando el recomendado para la Fase II (19 %), como se muestra en la Tabla 3.

Los análisis proximales y el aminograma se hicieron por única vez (Tabla 8 y 9) al final del experimento a una mezcla de las muestras extraídas de los 3 lotes de alimento que se preparó para cada dieta. Estas dietas fueron preparadas en Molinos Mayo.

Tabla 5: Composición porcentual de ingredientes de las dietas experimentales

INGREDIENTES	Fase			
	I		II	
	(18 – 39 d)		(40 – 60 d)	
Lisina total	1.36	1.45	1.19	1.28
Maíz Amarillo	52.14	51.94	61.02	60.81
Suero de Leche Deshidratado	16.21	16.21	--	--
Harina Pescado Prime	14.42	14.42	10.30	10.30
Harina de Soya Integral	10.00	10.00	6.00	6.00
Torta de Soya	3.99	4.00	10.00	10.00
Grasa Hidrogenada Pescado	1.41	1.39	2.96	2.94
Sub Producto Trigo	--	--	5.00	5.00
Melaza de Caña	--	--	2.49	2.50
Carbonato de Calcio	0.25	0.25	0.58	0.58
Sal Común	--	--	0.14	0.14
Oxido de Zinc	0.30	0.30	--	--

«continuación»

Sulfato de Cobre	--	--	0.08	0.08
Colina 75%	0.10	0.10	0.10	0.10
Lisina HCl	0.00	0.12	0.08	0.20
DL-Treonina 98.5 %	--	0.04	--	0.05
Premezcla Vit-Minerales	1.18	1.23	1.25	1.3
Precio/Kg, S/.	1.64	1.66	0.76	0.78

FUENTE: Brill

Tabla 6: Valor nutritivo porcentual calculado de las dietas experimentales

	Fase I (18 – 39 d)				Fase II (40 – 60 d)			
	1.36	Proteína ideal	1.45	Proteína ideal	1.19	Proteína ideal	1.28	Proteína ideal
Energía	3400		3400		3400		3400	
Metabolizable, Kcal/Kg								
Proteína total	21.50		21.7		19.50		19.68	
Extracto Etéreo	6.92		6.91		7.43		7.40	
Fibra Cruda	1.82		1.83		2.60		2.60	
Lisina	1.36	100.00	1.45	100.00	1.19	100.00	1.28	100.00
Lisina digestible	1.25	100.00	1.34	100.00	1.08	100.00	1.17	100.00
Treonina	0.91	66.70	0.94	65.00	0.79	66.12	0.83	65
Treonina digestible	0.76	60.92	0.80	59.48	0.67	62.23	0.72	61.32
Metionina- cistina	0.82	60.00	0.87	60.00	0.71	60.00	0.77	60.00
Metionina- cistina digest.	0.72	57.43	0.77	57.60	0.63	58.27	0.68	58.40
Triptófano	0.27	19.59	0.27	18.37	0.24	20.49	0.24	19.04
Triptófano digestible	0.23	18.13	0.23	16.91	0.21	19.52	0.21	18.01
Valina digestible	0.99	79.40	0.99	74.01	0.94	87.11	0.94	80.40
Calcio	0.90		0.90		0.85		0.85	
Fósforo disponible	0.55		0.55		0.45		0.45	

«continuación»

Fósforo total	0.95	0.95	0.83	0.83
Sodio	0.48	0.48	0.18	0.18
Lactosa	12.00	12.00	---	---

FUENTE: Brill

Tabla 7: Composición de la premezcla de vitaminas, minerales y aditivos utilizados en las dietas experimentales (Expresado por kilogramo de mezcla)

MICRONUTRIENTES	CANTIDAD
Vitamina A	9'000,000 U.I.
Vitamina D3	1'500,000 U.I.
Vitamina E	20,000 U.I.
Vitamina K3	3.0 g.
Vitamina B1	1.0 g.
Vitamina B2	5.0 g.
Vitamina B6	2.0 g.
Vitamina B12	18.0 mg.
Ácido Pantoténico	15.0 g.
Ácido Fólico	0.5 g.
Biotina	150.0 mg.
Niacina	20.0 g.
Zinc	50.0 g.
Selenio	100.0 mg.
Hierro	80.0 g.
Yodo	1.5 g.
Cobre	5.0 g.
Manganeso	20.0 g.
Excipientes c.s.p.	1000.0 g.
(En gramos por tonelada de alimento)	
BHT	140.0 g.
Antibiótico (varios)	6,150.0 g.
Aglutinante	1,500.0 g.
Oxido de Zinc	4,000.0 g.
Antimicótico	1,000.0 g.

FUENTE: Laboratorio Molinos Mayo

Tabla 8: Análisis proximal porcentual de las dietas experimentales

	Lisina total, %			
	Fase I		Fase II	
	(18 – 39 d)		(40 – 60 d)	
	1.36	1.45	1.19	1.28
Humedad	10.78	11.13	12.8	12.47
Proteína cruda	20.3	20.78	19.6	19.61
Extracto etéreo	7.13	7.09	7.8	7.94
Ceniza	5.32	5.4	4.65	4.79
Fibra cruda	1.65	1.57	2.52	2.14
Nifex	54.82	54.03	52.63	53.05
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Laboratorio de Análisis Químico de Molinos Mayo S. A.

Tabla 9: Aminograma de las dietas experimentales

Aminoácido, %	Lisina total, %							
	Fase I				Fase II			
	(18 – 39 d)		(40 – 60 d)		(18 – 39 d)		(40 – 60 d)	
	1.36	%	1.45	%	1.19	%	1.28	%
Lisina	1.161	100	1.203	100	1.109	100	1.34	100
Met + Cis	0.698	60.12	0.652	54.20	0.662	59.70	0.723	53.96
Treonina	0.811	69.85	0.759	63.09	0.748	67.45	0.92	68.66
Isoleucina	0.829	71.40	0.745	61.93	0.753	67.90	0.874	65.22
Valina	0.955	82.26	0.902	74.98	0.920	82.96	1.022	76.12
Proteína	20.983		21.417		19.50		19.68	
Lisina:proteína	5.53		5.62		5.69		6.81	

FUENTE: Laboratorio de Análisis Químicos de Ajinomoto Biolatina -Brasil.

3.7. CONTROLES

3.7.1. Peso vivo

Se tomaron los pesos individuales al destete (18 días), al término de la Fase I (39 días) y al final de la Fase II (60 días).

Los pesos grupales se tomaron en cada semana.

3.7.2. Consumo de alimento

Se registraron los suministros diarios de alimento en cada jaula de recría o unidad experimental, luego se pesaron los residuos al término de cada semana y por diferencia se obtuvo los consumos de alimento para cada unidad experimental en cada fase de alimentación, hasta que los animales bajaron de las jaulas (60 días de edad). El suministro diario de alimento dependió del ritmo de crecimiento del animal, cuidando que nunca falte (ad libitum) y no sea excesivo, para evitar la fermentación por acción del calor y la saliva del cerdo.

3.7.3. Conversión alimenticia

Con los datos de ganancia de peso, obtenida por diferencia del peso final y el peso inicial de cada fase de alimentación y el consumo de alimento, se calculó la respectiva conversión alimenticia.

3.7.4. Incidencia de disturbios gastroentéricos

Se supervisó a los lechones durante las dos fases de alimentación, en caso de incidencias o prevalencias de diarreas, se aplicó la terapia correspondiente.

3.8. DISEÑO ESTADÍSTICO

Se establece un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) (Steel y Torrie 1992):

Modelo Estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Observación del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque,

μ : Media general del experimento,

τ_i : Efecto del i-ésimo tratamiento,

β_j : Efecto del j-ésimo bloque,

ε_{ij} : Error experimental dado por el i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.

Los tratamientos fueron cuatro programas de alimentación que incluían niveles de lisina total sobre la base de proteína ideal propuesta por Baker (1995).

Los bloques fueron 5 y cada bloque representaba una repetición en el tiempo.

3.9. MODELO DE PREDICCIÓN DEL CONSUMO DE LISINA TOTAL

Se propuso un modelo para estimar el consumo de lisina y alimento.

El consumo observado se comparó con el estimado con una prueba de t de Student.

Fuller *et al.* (1989b) en un estudio de estimación del patrón óptimo de aminoácidos para mantenimiento y aumento de proteína corporal encontraron la siguiente relación:

$$\text{Requerimiento de lisina (g/d)} = 0.038(W^{0.75}) + 0.068(Pd)$$

Donde:

W = Peso (Kg.)

Pd = Proteína depositada (g/d)

Pd = Ganancia de peso (g/d) x proteína corporal (%)

Por lo tanto:

$$\text{Lisina total (g/d)} = \frac{\text{Requerimiento de lisina (g/d)}}{\text{Eficiencia (\%)}}$$

Donde eficiencia: 60 % en la Fase I y 57 % en la Fase II.

3.10. MODELO DE PREDICCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA METABOLIZABLE

Para el cálculo del consumo de EM estimado (EMe) se utilizó la fórmula del modelo que calcula el consumo de alimento a partir del consumo de energía, que está en función del peso metabólico del animal:

$$\text{EMe} = a (W^{0.75}) + b (G)$$

Donde:

EMe = Consumo de energía metabolizable estimada (Kcal/d).

W = Peso corporal del lechón (Kg.).

G = Ganancia de Peso del lechón (g/d).

a y b son los parámetros definidos por dichas ecuaciones estimados a partir de los datos de PIC (1999).

Por lo tanto:

$$\text{Consumo de alimento} = \frac{\text{Consumo de Energía Metabolizable}}{\text{Energía Metabolizable de la dieta}}$$

3.11. ANÁLISIS DE COVARIANCIA

Para analizar el efecto de la homogeneidad de los animales al empezar el estudio los datos experimentales de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia se ajustaron con la covariable peso inicial de cada fase experimental, cuyo modelo es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varphi_j + \beta(x_{ij} - x_{...}) + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Observación del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque,

μ : Media general del experimento,

τ_i : Efecto del i-ésimo tratamiento,

φ_j : Efecto del j-ésimo bloque,

β : Coeficiente de regresión

x_{ij} : Valor observado de la unidad experimental de la variable independiente en el j-esimo bloque sujeta al tratamiento i,

x : Efecto de la media general de la variable independiente,

ϵ_{ij} : Error experimental dado por el i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.

3.12. PRUEBA DE DUNCAN

La prueba de comparación de medias de Duncan se aplicó tanto para las medias ajustadas por la covariancia como para las medias que no fueron afectadas por la covariable, siguiendo el procedimiento propuesto por Steel y Torrie (1992).

3.13. VALIDACIÓN DEL MODELO

Se consideró el modelo válido a aquel con un error menor al 5 por ciento. En este caso el error se definió:

$$Error (\%) = \sqrt{\frac{\Sigma(O - E)^2}{n - 2}} \times \frac{100}{\bar{Y}}$$

Donde:

O = Valores observados

E = Valores esperados

n = Número de dietas

\bar{Y} = Promedio de los valores observados

$\Sigma(O - E)^2$ = Sumatoria de la diferencia al cuadrado

3.14. RETRIBUCIÓN ECONÓMICA

Se evaluó cual tratamiento tuvo mayor retribución económica a los 60 días de edad de los lechones. Para esto se halló la diferencia entre el ingreso bruto por cerdo y el costo de alimentación por cerdo. Para hallar el costo de alimentación de cada tratamiento se multiplicó el precio por kilogramo de alimento de cada etapa con el consumo de alimento respectivo.

Fórmula:

Retribución Económica: Ingreso Bruto por cerdo – Costo de Alimentación por cerdo.

Costo de Alimentación: $P_I * CA_I + P_{II} * CA_{II}$

Donde:

P_I : Precio del alimento utilizado en la Fase I.

P_{II} : Precio del alimento utilizado en la Fase II.

CA_I : Consumo de Alimento en la Fase I.

CA_{II} : Consumo de Alimento en la Fase II.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS LECHONES

Al análisis de covariancia no se encontró efecto significativo ($P>0.05$) de la covariable (peso inicial) sobre la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia (Anexo 3 y 4). El análisis de variancia para pesos iniciales no mostró diferencias significativas ($P>0.05$).

En la Tabla 10 y 11 se muestra que al análisis de variancia se encontró diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) en la ganancia de peso, conversión alimenticia, consumo de alimento, consumo de lisina y consumo de EM a los 39 días.

La mayor tasa de crecimiento se encontró para los tratamientos que contenían 1.45 % de lisina total en base a la proteína ideal, no hallándose diferencias entre los grupos que consumían el mismo nivel de lisina. Este mismo efecto se encontró para la conversión alimenticia, el consumo de alimento, el consumo de lisina y el consumo de EM.

El efecto de incrementar el nivel de lisina total en base a la proteína ideal de la dieta, concuerda con los hallazgos de Schenck *et al.* (1992) y PIC (1996), es decir, que mayores niveles de lisina en las dietas incrementan la ganancia de peso. Sin embargo, las ganancias de peso y consumo encontradas en esta evaluación fueron mucho menores a la recomendada por PIC (1996).

A los 60 días como se puede observar en la Tabla 10 y 11 el análisis de variancia mostró diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) en el peso final, la ganancia de peso y en el consumo de lisina, pero no en el consumo de alimento, consumo de EM y la conversión alimenticia.

Tabla 10: Efecto de los niveles de lisina del programa de alimentación en la performance de lechones de 18 a 60 días de edad

	Lisina total		Peso vivo		Ganancia de Peso		Conversión		Consumo de Alimento	
	(%)		(Kg)		g/d		Alimenticia		g/d	
	Fase I	Fase II	39 d	60 d	39 d	60 d	39 d	60 d	39 d	60 d
1.	1.36	1.19	10.743 a	22.426 a	258.3 a	407.3 a	1.29 a	1.44 a	333.6 a	584.9 a
2.	1.36	1.28	10.505 a	22.285 a	246.7 a	403.8 a	1.34 a	1.43 a	329.4 a	576.9 a
3.	1.45	1.19	11.542 b	23.106 ab	296.6 b	423.6 ab	1.19 b	1.43 a	352.4 ab	605.7 a
4.	1.45	1.28	11.738 b	23.553 b	305.6 b	434.1 b	1.18 b	1.39 a	360.7 b	601.8 a

FUENTE: Evaluación estadística

Tabla 11: Consumo de Lisina y Energía Metabolizable

	Lisina total		Consumo de Lisina		EM	
	Fase I	Fase II	39 d	60 d	39 d	60 d
1.	1.36	1.19	4.54 a	7.42 a	1134 ab	1989 a
2.	1.36	1.28	4.48 a	7.52 a	1120 ab	1961 a
3.	1.45	1.19	5.11 b	7.67 ab	1198 ab	2060 a
4.	1.45	1.28	5.23 b	8.01 b	1226 a	2046 a

FUENTE: Evaluación estadística

La mejor ganancia de peso y conversión alimenticia se encontró en el programa de alimentación con 1.45 % de lisina total en la primera fase y 1.28 % de lisina total en base a la proteína ideal en la segunda fase, aunque esta última no fue estadísticamente diferente ($P>0.05$) del tratamiento con 1.45 % de lisina total en la primera fase y 1.19 % de lisina total en base a la proteína ideal en la segunda fase. Estos resultados concuerdan con Smith *et al.* (1999) y Mahan *et al.* (1993) quienes encontraron en una fase similar que incrementando el nivel de lisina mejora significativamente el peso, la ganancia de peso y el consumo de lisina.

4.2. PREDICCIÓN DEL CONSUMO DE LISINA

Los modelos de predicción se muestran en la Tabla 12. Al validar el modelo de consumo de alimento, mediante la prueba de t de Student solo se encontró diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) en la Fase II en la comparación del consumo observado y el consumo estimado, pero no en la primera fase (Tabla 13).

El valor estimado con las ecuaciones de predicción del consumo de EM y el nivel de energía de las dietas experimentales, tanto en la Fase I como en la Fase II fue un valor más alto al observado, originando un error de estimación muy alto en ambas fases, que no son aceptables estadísticamente, asumiéndose entonces que el consumo de alimento por los lechones en ambas fases de alimentación no fueron las adecuadas según las recomendaciones de PIC (Tabla 4).

Al validar el modelo de consumo de lisina, a la prueba de t de Student no se encontró diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) cuando se comparó el valor observado del consumo de lisina total calculado por el nivel encontrado en las fórmulas experimentales con el valor estimado por la fórmula de Fuller *et al.* (1989b) (Tabla 14).

Tabla 12: Ecuaciones de predicción

Variable Dependiente	Ecuación
Consumo de EM ^a Fase I	$EM = 143.5715 * W^{0.75} + 2.0877 * G$
Consumo de EM Fase II	$EM = 205.1157 * W^{0.75} + 2.5098 * G$

«continuación»

Consumo de Alimento ^b	$\text{Alimento} = \frac{143.5715 * W^{0.75} + 2.0877 * G}{3.4}$
Fase I	
Consumo de Alimento	$\text{Alimento} = \frac{205.1157 * W^{0.75} + 2.5098 * G}{3.4}$
Fase II	
Consumo de lisina	$\text{Lisina} = 0.038(W^{0.75}) + 0.068(Pd)$

FUENTE: Fuller *et al.* (1989b).

a Los coeficientes fueron hallados de las recomendaciones de PIC (1996).

b Transformación de la ecuación de Consumo de EM.

Tabla 13: Consumo diario de alimento

	Lisina total (%)		Fase I		Fase II	
	Fase I	Fase II	Observado	Estimado	Observado	Estimado
1.	1.36	1.19	333.6	360.0	864.9	906.4
2.	1.36	1.28	329.4	350.7	824.4	905.6
3.	1.45	1.19	352.4	390.9	859.1	918.7
4.	1.45	1.28	360.7	398.4	842.9	934.7
	Promedio		344.0 A	375.0 A	847.8 A	916.35 B
	Error (%)			12.01		11.00

FUENTE: Análisis estadístico a la prueba de t de Student. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas.

Tabla 14: Consumo diario estimado y calculado de lisina total

	Lisina total (%)		Fase I		Fase II	
	Fase I	Fase II	Formulado	Estimado	Formulado	Estimado
1.	1.36	1.19	4.54	4.15	10.29	10.44
2.	1.36	1.28	4.48	3.97	10.55	10.50
3.	1.45	1.19	5.11	4.76	10.22	10.46
4.	1.45	1.28	5.23	4.90	10.79	10.73
	Promedio		4.84 A	4.445 A	10.46 A	10.53 A
	Error (%)			12.76		1.97

FUENTE: Análisis estadístico a la prueba de t de Student. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas.

4.3. RETRIBUCIÓN ECONÓMICA

La retribución económica más alta que se obtuvo fue con el cuarto programa de alimentación en que los lechones fueron alimentados con una dieta que contenía 1.45 % de lisina total en la primera fase y 1.28 % de lisina total en base a la proteína ideal en la segunda fase.

La retribución económica más baja se obtuvo con el segundo programa de alimentación en que los lechones fueron alimentados con 1.36 % de lisina total en la primera fase y 1.28 % de lisina total en base a la proteína ideal en la segunda fase (Tabla 15).

Estos resultados nos indican que económicamente el uso de la lisina sintética en la formulación de una dieta para cerdos en la etapa de recría es muy rentable si se usa en los niveles requeridos en base a la proteína ideal, ya que al incrementar el nivel de lisina se ha mejorado la ganancia de peso, el consumo de alimento, el consumo de lisina, el consumo de EM y la conversión alimenticia.

Tabla 15: Retribución económica de los tratamientos a los 60 días

Rubro	Tratamientos			
	1	2	3	4
Peso promedio, Kg.	22.43	22.29	23.11	23.55
Precio por Kg. de cerdo vivo, S/.	6.50	6.50	6.50	6.50
Ingreso Bruto por Cerdo, S/.	145.80	144.89	150.22	153.08
Consumo de Alimento por cerdo, Kg.	24.56	24.23	25.44	25.28
Costo de Alimentación por cerdo, S/.	25.28	24.85	25.99	26.39
Retribución Económica				
Por cerdo vivo, S/.	120.52	120.04	124.23	126.69
Por Kg. de peso vivo, S/.	5.37	5.39	5.38	5.38
En porcentaje	100.00	99.60	103.08	105.12

FUENTE: Los precios están referidos al mes de estudio.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en la que se realizó el presente estudio se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. Los cerdos alimentados con el programa de alimentación con 1.45 % de lisina total en la primera fase y 1.28 % de lisina total en base a la proteína ideal en la segunda fase obtuvieron pesos y tasas de crecimiento significativamente mejores ($P > 0.05$) comparados a los que recibieron 1.36 % de lisina en base a la proteína ideal en la primera fase al final de la experimentación.
2. El incremento del nivel de lisina total en base a la proteína ideal en las dietas no afectó significativamente el consumo de alimento y la eficiencia de utilización del alimento al final de las dos fases de alimentación.
3. El modelo de predicción del consumo de lisina no resultó válido para los cerdos de 39 días de edad pero si para el rango de 40 a 60 días de edad.
4. El modelo de predicción de consumo de alimento no resultó válido ya que obtuvo un error estadístico mayor al 5 % en ambas fases de alimentación.
5. El mejor mérito económico se consiguió con el programa de alimentación que contenía 1.45 % de lisina total en la primera fase y 1.28 % de lisina total en base a la proteína ideal en la segunda fase.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda usar en forma industrial el nivel de 1.45 % de lisina total para la primera fase y 1.28 % de lisina total en base a la proteína ideal para la segunda fase.
2. Se recomienda probar mayores niveles de lisina en términos de la proteína ideal.
3. Evaluar toda la fase de crianza y la composición corporal.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeola, O. 1995. Dietary lysine and threonine utilization by young pigs: efficiency for carcass growth. *Can. J. Anim. Sci.* 75: 445 – 452.
- ARC. 1981. *The Requirements of Pigs*. Agricultural Research Council. Commonwealth Agricultural Bureaux. Slough. U. K.
- Baker, D.H. 1991. Partitioning of nutrients for growth and other metabolic functions: Efficiency and priority considerations. *Poult. Sci.* 70: 1795 – 1805.
- Baker, D.H. 1995. Feeding finishing pigs for optimal lean growth and maximal economic returns. Department of Animal Sciences, University of Illinois at Urbana Champaign, USA.
- Baker, D.H. & Chung, T.K. 1992. Ideal protein for swine and poultry. *Biokyowa Technical Review*–4. Chesterfield, MO: Nutri-Quest, Inc.
- Baker, D.H. 1993. Efficiency of amino acid utilization in the pig. En: E. S. Batterham (Ed.) *Manipulating Pig Production IV*, p. 191. Australasian Pig. Sci. Assoc., Werribee, Australia.
- Baker, D.H. 1994. Ideal amino acid profile for maximal protein accretion and minimal nitrogen excretion in swine and poultry. *Proc. Cornell Nutr. Conf.*, 56, 134.
- Baker, D.H. 2000. Recent advances in use of the ideal protein concept for swine feed formulation. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* Vol. 13, Special Issue: 294 – 301.

- Bikker, P. & Verstegen, M. W. A. 1993. Effect of protein and energy intake on protein and lysine deposition in female pigs from 20 to 45 Kg. *J. Anim. Sci.* 7 (Suppl. 1): 160 (Abstr.).
- Block, R.J. & Bolling, D. 1944. Nutritional opportunities with amino acids. *J. Am. Dietet. Assn.* 20: 69-76.
- Campbell, R.G. & Dunkin, A.C. 1983. The influence of dietary protein and energy intake on the performance, body composition, and energy utilization of pigs growing from 7 to 19 Kg. *Anim. Prod.* 36: 185 – 192.
- Chiba, L.I.; Lewis, A.J. & Peo, E.Jr. 1991. Amino acid and energy interrelationships in pigs weighing 20 to 50 kilograms. I. Rate and efficiency of weight gain. *J. Anim. Sci.* 69: 694 – 707.
- Chung, T.K. & Baker, D.H. 1992. Efficiency of dietary methionine utilization by young pigs. *J. Nutr.* 122: 1862 – 1869.
- Fuller, M.F.; McWilliam, R.; Wang, T.C. & Giles, L.R. 1989a. The optimum amino acid pattern for growing pigs. 2. Requirements for maintenance and for tissue protein accretion. *Br. J. Nutr.* 62: 25 - 267.
- Fuller, M.F.; Beckett, P.R. & Wang, T.C. 1989b. Ideal Protein: The concept and its application in swine diets. *Proc.*
- Fuller, M.F.; Cadenhead, A. & Chen, K.H. 1983. The utilization of a supposedly ideal protein for growing pigs. *Proc. Nutr. Soc.* 42: 476.
- Hahn, J.D. & Baker, D.H. 1995. Ideal digestible lysine level for early and late-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 73:773.
- Howard, H.W.; Monson, W.J.; Bauer, C.D. & Block, R.J. 1958. The nutritive value of bread flour proteins as affected by practical supplementation with lactalbumin,

- nonfat dry milk solids, soybean proteins, wheat gluten and lysine. *J. Nutr.* 64: 151-165.
- Lawrence, B.V.; Adeola, O. & Cline, T.R. 1994. Nitrogen utilization and lean growth performance of 20 – to 50 – kilogram pigs fed diets balanced for lysine: energy ratio. *J. Anim. Sci.* 72: 2887 – 2895.
- Mahan, D.C.; Easter, R.A.; Cromwell, G.L.; Miller, E.R. & Veum, T. L. 1993. Effect of dietary lysine levels formulated by altering the ratio of corn: soybean meal with or without dried whey and L-lysine.HCl in diets for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 71: 1848 – 1852.
- Mitchell, H.H. 1950. Some species and age differences in amino acid requirements. In: A. Albanese (Ed.) *Protein and Amino Acid Requirement of Mammals*, pp 1 – 32. Academy Press. New York.
- Nam, D.S. & Aherne, F.X. 1994. The effects of lysine: energy ratio on the performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 72: 1247 – 1256.
- NRC. 1987. *Predicting Feed Intake of Food Producing Animals*. Washington, DC: National Academy Press. 85 pp.
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Swine* (10th ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- PIC. 1996. Pig Improvement Company. *Nutrition of Nursery Pigs: Nutrient Recommendations and Diet Management*. Technical Update Vol. 3 No. 2.
- PIC. 1999. Pig Improvement Company. *PIC USA Nutrient Specifications*. Technical Update Vol. 1 No. 1.
- Schenck, B.C.; Stahly, T.S. & Cromwell, G.L. 1992. Interactive effects of thermal environmental and dietary lysine and fat levels on rate, efficiency, and composition of growth of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 70: 3791 – 3802.

- Schoenherr, W.D.; Stahly, T.S. & Cromwell, G.L. 1986. Effects of environmental temperature and dietary fat additions on maintenance and partial efficiency of energy retention in growing swine. *J. Anim. Sci.* 63 (Suppl. 1): 122 (Abstr.).
- Smith, J.W.; Tokach, M.D.; Nelssen, J.L. & Goodband, R.D. 1999. Effects of lysine: calorie ratio on growth performance of 10 -to 25 -kilogram pigs. *J. Anim. Sci.* 77: 3000 – 3006.
- Stahly, T.S. 1984. Use of fats in diets for growing swine: In: J. Wiseman (Ed.) *fats in Animal Nutrition*. pp. 313 – 331. Butterworths, London.
- Stahly, T.S. & Cromwell, G.L. 1979. Effect of environmental temperature and dietary fat supplementation on the performance and carcass characteristics of growing and finishing swine. *J. Anim. Sci.* 49: 1478.
- Stahly, T.S.; Cromwell, G.L. & Aviotti, M.P. 1979. The effect of environmental temperature and dietary lysine source and level on the performance and carcass characteristics of growing swine. *J. Anim. Sci.* 49: 1242.
- Steel, R.G.D. & Torrie, J.H. 1992. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. (2da ed.). México: McGraw-Hill.
- Wang, T.C. & Fuller, M.F. 1987. An optimal dietary amino acid pattern for growing pigs. *Anim. Prod.* 44: 486.
- Wang, T.C. & Fuller, M.F. 1989. The optimal dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. *Br. J. Nutr.* 62: 77.
- Whittemore, C.T. & Elsley, F.W.H. 1976. *Practical Pig Nutrition*. (2da ed.). Farming Press Limited.
- Zhang, Y.; Partridge, I.G. & Mitchell, K.G. 1986. The effect of dietary energy level and protein: energy ratio on nitrogen and energy balance, performance and carcass composition of pigs weaned at 3 weeks of age. *Anim. Prod.* 42: 389 – 395.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: COSTO DE LOS INGREDIENTES UTILIZADOS EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES

INGREDIENTE	PRECIO S./Kg.
Maíz americano	0.55
Maíz Argentino	0.51
Suero de Leche	2.38
Harina de Pescado	1.41
Soya Integral	1.02
Soya Americana	0.86
Grasa Hidrogenada	1.19
Sub producto trigo	0.32
Melaza	0.21
Carbonato de calcio	0.09
Sal	0.35
Oxido de zinc	5.29
Sulfato de cobre	2.73
Colina 75%	2.98
Lisina, %	6.13
DL-Treonina 98.5 %	14.00

FUENTE: Los precios están referidos al mes estudio.

**ANEXO 2: PARÁMETROS DE HOMOGENEIDAD DE LAS UNIDADES
EXPERIMENTALES USADAS EN EL EXPERIMENTO**

(18 DÍAS DE EDAD).

(En Kilogramos)

Bloque	T1	T2	T3	T4
1	5.292	5.308	5.280	5.285
2	5.046	5.049	5.060	5.080
3	5.069	5.048	5.059	5.062
4	5.471	5.489	5.458	5.442
5	5.711	5.724	5.714	5.729
Promedio	5.318	5.323	5.314	5.321

Promedio Total: 5.319 CV, %= 4.89 D.S.= 0.259

39 DÍAS DE EDAD.

(En Kilogramos)

Bloque	T1	T2	T3	T4
1	11.286	11.054	11.683	11.100
2	9.929	9.892	10.520	10.940
3	10.614	10.650	11.913	12.322
4	11.244	10.467	11.344	12.586
5	10.640	10.464	12.250	11.744
Promedio	10.743	10.505	11.542	11.738

Promedio Total: 11.132 CV, %= 6.89 D.S.= 0.767

60 DÍAS DE EDAD
(En Kilogramos)

Bloque	T1	T2	T3	T4
1	24.136	23.315	24.083	23.418
2	21.693	21.417	22.460	24.320
3	21.886	22.440	23.150	24.033
4	22.267	22.144	22.200	23.271
5	22.150	22.109	23.638	22.722
Promedio	22.426	22.285	23.106	23.553
Promedio Total: 22.843		CV, %= 3.90	D.S.= 0.892	

ANEXO 3: EVALUACIÓN ESTADÍSTICA – FASE I
(18 – 39 DÍAS)

DE LOS PESOS INICIALES

ANÁLISIS DE VARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	0.00025	0.000083	0.44	0.7291	NS
BLOQUE	4	1.272	0.3181	1691.49	0.0001	**
ERROR	12	0.00226	0.00019			
TOTAL	19	1.275				

C.V. %= 0.26

PRUEBA DE DUNCAN

TRATAMIENTO	2	4	1	3
SIGNIFICACIÓN	5.323	5.321	5.318	5.314
P > 0.05				
	A	A	A	A

DE LA GANANCIA DIARIA DE PESO

ANÁLISIS DE COVARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	11839.8	3946.6	7.93	0.0043	**
BLOQUE	4	6002.3	1500.6	3.02	0.0661	NS
PI	1	81.10	81.1	0.16	0.6941	NS
ERROR	11	5472.4	497.5			
TOTAL	19	23975.96				

C.V. %= 8.06

ANÁLISIS DE VARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	12329.01	4109.7	8.88	0.0023	**
BLOQUE	4	6093.40	1523.35	3.29	0.0486	NS
ERROR	12	5553.55	462.8			
TOTAL	19	23975.96				

C.V. %= 7.77

PRUEBA DE DUNCAN

TRATAMIENTO	4	3	1	2
SIGNIFICACIÓN	305.60	296.58	258.32	246.74
P > 0.05				
	A	A	B	B

DEL CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO

ANÁLISIS DE COVARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	3245.4	1081.8	2.45	0.12	NS
BLOQUE	4	6736.4	1684.1	3.81	0.035	**
PI	1	50.83	50.8	0.12	0.74	NS
ERROR	11	4862.2	442.02			
TOTAL	19	15047.2				

C.V. %= 6.11

ANÁLISIS DE VARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	3361.35	1120.45	2.74	0.09	NS
BLOQUE	4	6772.84	1693.21	4.14	0.025	**
ERROR	12	4913.01	409.42			
TOTAL	19	15047.21				

C.V. %= 5.88

PRUEBA DE DUNCAN

TRATAMIENTO	4	3	1	2
SIGNIFICACIÓN	360.74	352.42	333.58	329.42
P > 0.05				
	A	AB	AB	B

DE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA

ANÁLISIS DE COVARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	0.082	0.027	7.81	0.005	*
BLOQUE	4	0.034	0.0086	2.44	0.11	NS
PI	1	0.0003	0.00027	0.08	0.79	NS
ERROR	11	0.038	0.0035			
TOTAL	19	0.169				

C.V. %= 4.73

ANÁLISIS DE VARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	0.086	0.029	8.89	0.0022	**
BLOQUE	4	0.043	0.011	3.34	0.047	NS
ERROR	12	0.039	0.003			
TOTAL	19	0.169				

C.V. %= 4.55

PRUEBA DE DUNCAN

TRATAMIENTO	2	1	3	4
SIGNIFICACIÓN	1.34	1.29	1.19	1.19
P > 0.05				
	A	A	B	B

DEL CONSUMO DE LISINA

ANÁLISIS DE COVARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	2.15	0.72	8.24	0.0037	**
BLOQUE	4	1.32	0.33	3.80	0.035	**
PI	1	0.02	0.015	0.17	0.68	NS
ERROR	11	0.96	0.087			
TOTAL	19	4.52				

C.V. %= 6.1

ANÁLISIS DE VARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	2.22	0.74	9.14	0.002	**
BLOQUE	4	1.33	0.33	4.09	0.026	**
ERROR	12	0.97	0.08			
TOTAL	19	4.52				

C.V. %= 5.88

PRUEBA DE DUNCAN

TRATAMIENTO	4	3	1	2
SIGNIFICACIÓN				
P > 0.05	5.23	5.11	4.54	4.48
	A	A	B	B

DEL CONSUMO DE EM

ANÁLISIS DE COVARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	37389.8	12463.3	2.44	0.12	NS
BLOQUE	4	77868.3	19467.1	3.81	0.04	**
PI	1	597.2	597.20	0.12	0.74	NS
ERROR	11	56136.5	5103.32			
TOTAL	19	173738.6				

C.V. %= 6.11

ANÁLISIS DE VARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	38730.5	12910.2	2.73	0.09	NS
BLOQUE	4	78274.3	19568.6	4.14	0.025	**
ERROR	12	56733.7	4727.81			
TOTAL	19	173738.6				

C.V. %= 5.88

PRUEBA DE DUNCAN

TRATAMIENTO	4	3	1	2
SIGNIFICACIÓN	1226.4	1198.0	1134.2	1120.0
P > 0.05				
	A	AB	AB	B

ANEXO 4: EVALUACIÓN ESTADÍSTICA – FASE TOTAL
(18 – 60 DÍAS)

DE LA GANANCIA DIARIA DE PESO

ANÁLISIS DE COVARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	3165.31	1055.1	4.25	0.03	**
BLOQUE	4	2826.40	706.6	2.85	0.07	**
PI	1	284.04	284.0	1.14	0.3	NS
ERROR	11	2730.66	248.2			
TOTAL	19	9578.34				

C.V. %= 3.77

ANÁLISIS DE VARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	3009.99	1003.3	3.99	0.035	**
BLOQUE	4	3553.65	888.4	3.54	0.04	**
ERROR	12	3014.7	251.2			
TOTAL	19	9578.34				

C.V. %= 4.40

PRUEBA DE DUNCAN

TRATAMIENTO	4	3	1	2
SIGNIFICACIÓN				
P > 0.05	434.1	423.6	407.3	403.9
	A	AB	B	B

DEL CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO

ANÁLISIS DE COVARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	3688.83	1229.61	1.55	0.26	NS
BLOQUE	4	8592.55	2148.14	2.70	0.09	NS
PI	1	1646.28	1646.28	2.07	0.18	NS
ERROR	11	8736.17	794.20			
TOTAL	19	20511.99				

C.V. %= 4.75

ANÁLISIS DE VARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	2813.99	938.00	1.08	0.39	NS
BLOQUE	4	7315.54	1828.89	2.11	0.14	NS
ERROR	12	10382.45	865.2			
TOTAL	19	20511.99				

C.V. %= 4.97

PRUEBA DE DUNCAN

TRATAMIENTO	3	4	1	2
SIGNIFICACIÓN	605.74	601.80	584.9	576.9
P > 0.05	A	A	A	A

DE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA

ANÁLISIS DE COVARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	0.0084	0.0028	1.08	0.396	NS
BLOQUE	4	0.0051	0.0013	0.49	0.74	NS
PESO INICIAL	1	0.0019	0.0019	0.75	0.41	NS
ERROR	11	0.028	0.0026			
TOTAL	19	0.064				

C.V. %= 3.57

ANÁLISIS DE VARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	0.0074	0.0025	0.98	0.43	NS
BLOQUE	4	0.026	0.0066	2.62	0.08	NS
ERROR	12	0.030	0.0025			
TOTAL	19	0.064				

C.V. %= 3.53

PRUEBA DE DUNCAN

TRATAMIENTO	1	3	2	4
SIGNIFICACIÓN				
P > 0.05	1.44	1.43	1.43	1.39
	A	A	A	A

DEL CONSUMO DE LISINA

ANÁLISIS DE COVARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	1.01	0.34	4.76	0.02	**
BLOQUE	4	0.83	0.21	2.94	0.07	NS
PI	1	0.08	0.08	1.13	0.31	NS
ERROR	11	0.78	0.071			
TOTAL	19	2.63				

C.V. %= 3.48

ANÁLISIS DE VARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	1.02	0.34	4.75	0.021	**
BLOQUE	4	0.75	0.19	2.63	0.087	NS
ERROR	12	0.86	0.07			
TOTAL	19	2.63				

C.V. %= 3.496

PRUEBA DE DUNCAN

TRATAMIENTO	4	3	2	1
SIGNIFICACIÓN	8.01	8.67	7.51	7.41
P > 0.05				
	A	AB	B	B

DEL CONSUMO DE EM

ANÁLISIS DE COVARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	42606.46	14202.15	1.55	0.26	NS
BLOQUE	4	99158.72	24789.68	2.70	0.09	NS
PI	1	18880.14	18880.14	2.06	0.18	NS
ERROR	11	101016.9	9183.4			
TOTAL	19	236998.9				

C.V. %= 4.76

ANÁLISIS DE VARIANCIA

FACTOR	GL	SC	CM	F VALUE	Pr > F	SIGNIF.
TRATAM	3	32525.7	10841.9	1.09	0.39	NS
BLOQUE	4	84576.2	21144.1	2.12	0.14	NS
ERROR	12	119897.0	9991.42			
TOTAL	19	236998.95				

C.V. %= 4.96

PRUEBA DE DUNCAN

TRATAMIENTO	3	4	1	2
SIGNIFICACIÓN	2059.6	2046.0	1988.8	1961.4
P > 0.05				
	A	A	A	A

ANEXO 5: COMPOSICIÓN CORPORAL DE LECHONES DESDE EL NACIMIENTO HASTA LOS 20 KG, JUNTO CON LA EDAD Y GANANCIA DE PESO ESPERADA*

Peso Kg.	Agua %	Grasa %	Proteína %	Ceniza %
Parto (1.25)	81	10	11	4
5	68	12	13	3
10	66	15	14	3
15	64	18	15	3
20	63	18	15	3

* Whittemore y Elsley (1976).

ANEXO 6: ESPECIFICACIONES NUTRICIONALES (PIC, 1996 Y NRC, 1998)

Nutriente, %	Fase I	Fase II	Proteína Ideal
	5 – 12 Kg.	12 – 23 Kg.	
PIC (1996):			
EM, Kcal/Kg ^a	3505-3439	3373	
proteína	21-20	19-21	
Lisina Total	1.5-1.35	1.25	100
Met + Cis Total	0.9-0.81	0.75	60
Treonina Total	0.98-0.87	0.81	65
Triptófano Total	0.27-0.24	0.23	18
NRC (1998):			
EM, Kcal/Kg	3265	3265	
proteína	23.7	20.9	
Lisina Total	1.35	1.15	100
Met + Cis Total	0.76	0.65	56.5
Treonina Total	0.86	0.74	64
Triptófano Total	0.24	0.21	18

*Se asume que la EM es 96 % de la ED.

ANEXO 7: PESOS INICIAL Y FINAL DE CADA FASE

TRAT	INICIO	SEM 3	SEM 6
T 1	5.33	10.897	22.623
T 2	5.333	10.271	22.011
T 3	5.33	11.427	22.930
T 4	5.336	11.474	23.238
GRAL	5.33	11.02	22.70

ANEXO 8: ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS A Y B SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES NUTRICIONALES DE PIC (1999)

	Fase I	Fase II	Constantes
Peso (W), lbs	16 – 25	25 – 50	
Peso ½, lbs	20.5	37.5	
Peso ½, Kg.	9.307	17.025	
Grasa, % ^a	14.16	17.71	9.3
Proteína, % ^b	13.40	15.00	5.75
b ^c	2.0877	2.5098	
EM, Kcal/d	1560	3198	
Gan Peso (G), g/d	381.36	590.20	
W ^{0.75}	5.33	8.38	
a ^d	143.5715	205.1157	

^a Grasa (%) = 9.88 + 0.46*Peso(Kg)

^b Proteína (%) = 11.48 + 0.2066*Peso (Kg)

^c b = Grasa (%)*9.3 + Proteína (%)*5.75

^d a = (EM – b*G)/W^{0.75}

ANEXO 9: PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE EM POR DÍA

TRAT	FASE I	FASE II	FASE I	FASE II	FASE I	FASE II
	Peso ½ Kg	Peso ½ Kg	Gananciag/ d	Gananciag/ d	Consumog/ d	Consumog/ d
1	8.2415	16.9855	269.0	563.7	346.5	864.9
2	8.0195	16.5275	245.4	564.9	331.1	834.1
3	8.6225	17.5030	292.4	553.3	364.7	860.1
4	8.7295	17.7840	297.9	564.4	368.2	859.4

ANEXO 10: TEMPERATURAS REGISTRADAS DURANTE LAS FASES (en °C)

T°C	R1		R2		R3	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Fase I						
Max	25.9	25.69	26.63	27.05	26.71	27.79
Min	22.0	21.85	23.63	22.95	22.71	22.05
Prom	23.95	23.77	25.13	25.00	24.71	24.92
Fase II						
Max	24.57	24.26	24.86	24.0	24.06	25.19
Min	19.33	19.00	18.57	18.15	17.89	19.33
Prom	21.95	21.63	21.71	21.08	20.97	22.26

ANEXO 11: ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE GRASA Y PROTEÍNA CORPORAL DEL CERDO

Variable Dependiente	Variable Independiente	Ecuaciones de Regresión	N	R²
Grasa (%)	Peso (Kg.)	$Y = 9.8771 + 0.4608X$	5	0.938
Proteína (%)	Peso (Kg.)	$Y = 11.4820 + 0.2066X$	5	0.862

ANEXO 12: ANÁLISIS PROXIMAL DE LOS LOTES DE ALIMENTO PREPARADO*

Lisina total, %	Hd		PC		G		Cz		F	
	CV	PROM	CV	PROM	CV	PROM	CV	PROM	CV	PROM
1.36	7.8	10.73	3.52	20.24	4.93	7.24	6.26	5.38	17.90	1.83
1.45	6.71	10.74	3.46	20.84	7.98	7.10	8.00	5.47	18.35	1.99
1.19	6.96	12.67	1.71	19.00	7.40	7.80	7.22	4.71	13.84	2.41
1.28	7.43	12.57	3.62	19.05	6.09	7.85	2.96	4.78	14.84	2.43