

11662
2



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

DETERMINACION DE LA RELACION OPTIMA DE
LISINA: PROTEINA
PARA CERDOS EN CRECIMIENTO.

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN EL AREA DE
NUTRICION ANIMAL

P R E S E N T A:

ENRIQUE OMAR CASTAÑEDA SILVA

ASESOR: JOSE ANTONIO CUARON IBARGÜENCOYTIA

AJUCHITLÁN, QUERETARO.

2001.

288302



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

HONORABLE JURADO.

PRESIDENTE: DR. ARMANDO SHIMADA MIYASAKA.

SECRETARIO: DR. GERMAN BORBOLLA SOSA.

VOCAL: DR. FELIPE DE JESUS RUIZ Y LOPEZ.

1er SUPLENTE: DR. JOSE ANTONIO CUARON IBARGÜENGOYTIA.

2º SUPLENTE: DR. FERNANDO CISNEROS GONZALEZ.

DEDICATORIA.

A MIS PADRES Y HERMANOS PARA QUIENES GUARDO UN PROFUNDO RESPETO, POR EL CARIÑO Y APOYO QUE DE ELLOS HE RECIBIDO, LO QUE ME HA PERMITIDO SER UN HOMBRE DE BIEN.

DE MANERA MUY ESPECIAL PARA MI ESPOSA ROCIO Y MI HIJO ENRIQUE, YA QUE JUNTOS REALIZAMOS EL SACRIFICIO PARA PODER CRISTALIZAR UN OBJETIVO IMPORTANTE EN NUESTRA VIDA.

AGRADECIMIENTOS A:

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES – CUAUTITLAN.

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y
AGROPECUARIAS.**

**CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACION EN FISIOLOGIA Y MEJORAMIENTO
ANIMAL.**

**PATRONATO DE APOYO A LA INVESTIGACION Y EXPERIMENTACION EN
MÉXICO A.C.**

**A MI ASESOR POR EL APOYO QUE HE RECIBIDO TANTO EN EL ASPECTO
ACADEMICO COMO EN EL DESEMPEÑO PROFESIONAL.**

AL GRUPO DE PROFESORES DE LA MAESTRIA.

AL HONORABLE JURADO.

A TODAS LAS PERSONAS QUE COLABORARON EN ESTE TRABAJO.

RESUMEN

Castañeda Silva Enrique Omar. 2001. Determinación de la relación óptima de lisina: proteína, para cerdos en crecimiento.

Se llevaron a cabo dos experimentos para determinar la mejor relación lisina: proteína, cuando el perfil de aminoácidos digestibles se mantuvo constante en función de lisina. El primero fue un balance de nitrógeno con 4 niveles de proteína: 12, 15, 18 y 21%. Se usaron 24 machos castrados con un peso inicial de 47 ± 2.8 kg. Las dietas experimentales se ofrecieron por 21 días antes del período de colección de las excretas, que fue de 6 días. La retención de nitrógeno aumentó linealmente ($P < 0.01$): 18.58, 21.29, 21.21 y 24.73 g/d en respuesta a la concentración de proteína en la dieta. En cambio la eficiencia de la retención disminuyó linealmente ($P < 0.01$): 43.20, 39.43, 34.12, 34.10 % del nitrógeno consumido. Cuando se dio igual importancia a la retención y a la eficiencia de retención de nitrógeno el mejor nivel de proteína fue 14.7 %. En el experimento 2 se usaron dos niveles de proteína, ALTO con 16.7% en crecimiento (25 a 65 kg) y 15.5% en finalización (66 a 107 kg) y BAJO, con 14.7% y 13.5% en las mismas fases de producción. A los 2 niveles de proteína se impusieron factorialmente tres relaciones lisina:proteína 5.0 5.8 y 6.6%. Se usaron 48 unidades experimentales. En el consumo de alimento se encontró una interacción ($P < 0.05$) proteína por la relación lisina: proteína, BAJO, 2.4; 2.3; 2.5 y ALTO, 2.4; 2.4; y 2.2 kg/d, respectivamente para los tres niveles lisina: proteína; la ganancia diaria de peso, con el mismo arreglo: BAJO, 0.72; 0.73; 0.78 y ALTO 0.74; 0.76; 0.69 kg/d y el área del ojo de la chuleta en el mismo orden: BAJO 28; 32; 30 y ALTO 34; 30 y 33 cm^2 . Por el análisis de los puntos de inflexión, la concentración idónea de lisina es del 5.8 de la proteína.

Palabras clave: cerdos, proteína cruda, lisina, crecimiento.

ABSTRACT

Castafieda Silva Enrique Omar. 2001. Optimum Lysine to Protein ratios for growing and finishing pigs.

Two experiments were conducted to define the best Lysine (Lys) concentration in dietary Crude Protein (CP), given that other limiting amino acids were maintained in a constant ratio to Lys in a true ileal digestible basis. A nitrogen balance experiment was conducted using 4 CP levels: 12, 15, 18 and 21% of the diet; in all cases, Lys was constant at 6% of CP. Twenty four barrows, of an average initial weight of 47 ± 2.8 kg were used. After a preliminary feeding period of 21-days, a 6-days total excreta collection phase was followed. Nitrogen retention was linearly increased ($P < 0.01$) by dietary CP: 18.58, 21.29, 21.21 and 24.73 g/day. In response to the increase in CP, efficiency of nitrogen retention was linearly decreased ($P < 0.01$): 43.20, 39.43, 34.12 and 34.10% of nitrogen intake. Giving equal importance to retention and efficiency of nitrogen retention, the best CP level was estimated at 14.7% of the diet. In Experiment 2, three Lys:CP ratios (5, 5.8 and 6.6 Lys as % of CP) were tested at two CP levels: 14.7 and 16.7% for growing (25-65 kg of body weight) and 13.5 and 15.5% CP for finishing pigs (66-107 kg). The CP level and the Lys:CP ratios interacted ($P < 0.05$) in voluntary feed intake, average of daily gain and lean eye area. Feed intake was: at lower-CP, 2.4, 2.3 and 2.5; at higher-CP, 2.4, 2.4 and 2.2 kg/day, in both cases for the 5.0, 5.8 and 6.6% Lys:CP ratio. In the same order, results for body weight gain were: lower-CP, 0.72, 0.73 and 0.78; higher-CP, 0.74, 0.76 and 0.69 kg/day. Similarly, lean eye area was: lower-CP, 28, 32 and 30; higher-CP, 34, 30 and 33 cm². Following a broken line analysis, the best Lys:CP ratio was calculated as 5.8 Lys as % of CP.

Key words: Growing pigs, Crude Protein, Lysine.

INDICE

Resumen	IV
Abstract	V
Introducción	1
Material y Métodos	9
Experimento 1	11
Experimento 2	14
Experimento 3	17
Resultados	
Experimento 1	19
Experimento 2	20
Experimento 3	22
Discusión	
Experimento 1	25
Experimento 2	29
Experimento 3	35
Conclusiones	41
Bibliografía	59
Agradecimientos	III

INDICE DE CUADROS.

Cuadro 1.	PATRON DE PROTEINA IDEAL DE AMINOACIDOS DIGESTIBLES.....	42
Cuadro 2.	DIETAS EXPERIMENTO 1 Y 2	43
Cuadro 3.	DIETAS PARA LA ETAPA DE CRECIMIENTO DEL EXPERIMENTO 3.....	44
Cuadro 4.	DIETAS PARA LA ETAPA DE FINALIZACION DEL EXPERIMENTO 3.	45
Cuadro 5.	RESULTADOS DE LA RETENCION DE NITROGENO.	46
Cuadro 6.	VALORES DE LA GANANCIA DIARIA DE PESO DE LA DEPOSICION DE TEJIDO MAGRO LIBRE DE GRASA CALCULADOS A PARTIR DE LA ECUACION DE REGRESION.	47
Cuadro 7.	DATOS DE COMPORTAMIENTO ANIMAL, GRASA DORSAL Y AREA DEL OJO DE LA CHULETA PARA SEXO.....	48
Cuadro 8.	DATOS DE COMPORTAMIENTO ANIMAL, GRASA DORSAL Y AREA DEL OJO DE LA CHULETA PARA RAZA DEL PADRE.	49
Cuadro 9.	COMPARACION ENTRE LA CANTIDAD DE CORTES PRIMARIOS Y CORTES MAGROS CALCULADOS CON ULTRASONIDO O CON LAS ECUACIONES DE LA NORMA MEXICANO O EL NPPC.	50
Cuadro 10.	ESTIMACION DE REQUERIMIENTO DE LISINA DIGESTIBLE MEDIANTE EL USO DEL MODELO DEL NRC.	51
Cuadro 11.	EFECTO DEL SEXO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERISTICAS DE LA CANAL DE CERDOS EN CRECIMIENTO FINALIZACION DEL EXPERIMENTO 3.	52
Cuadro 12.	EDAD, PESO INICIAL, PESO EN CRECIMIENTO, PESO EN FINALIZACION, GANANCIA, CONSUMO Y EFICIENCIA ALIMENTICIA DE CERDOS DEL EXPERIMENTO 3.	53
Cuadro 13.	DATOS DE LA CANAL DE CERDOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO 3.	54

INDICE DE GRAFICAS.

Grafica 1.	PESO VIVO PARA RAZA DEL PADRE DE CERDOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO 2.	55
Grafica 2.	PESO VIVO PARA SEXO DE CERDOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO 2.	55
Grafica 3.	CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO PARA RAZA DEL PADRE DE CERDOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO 2.	58
Grafica 4.	CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO PARA SEXO DE CERDOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO 2.	58
Grafica 5.	TEJIDO MAGRO LIBRE DE GRASA PARA RAZA DEL PADRE DE CERDOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO 2.	57
Grafica 6.	TEJIDO MAGRO LIBRE DE GRASA PARA SEXO DE CERDOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO 2.	57
Grafica 7.	PORCENTAJE DE TEJIDO MAGRO LIBRE DE GRASA PARA RAZA DEL PADRE DE CERDOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO 2.	58
Grafica 8.	PORCENTAJE DE TEJIDO MAGRO LIBRE DE GRASA PARA SEXO DE CERDOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO 2.	58

INTRODUCCION.

El entorno de globalización de la economía en el cual se encuentra inmersa actualmente la porcicultura nacional, demanda de centros de investigación, y personal técnico, el estudio y establecimiento de nuevas técnicas que contribuyan a incrementar la eficiencia del proceso de producción. Como parte fundamental de este proceso, se identifica a la nutrición (influyendo directamente en el 70% del costo de producción), por lo que una mejora en la eficiencia de utilización de los alimentos por parte del cerdo, contribuirá significativamente a lograr el objetivo.

De manera especial se deberá trabajar en la etapa de crecimiento-finalización (25-120 kg de peso vivo, PV), ya que es en ésta etapa donde se consume el 75% del alimento requerido para producir un cerdo para abasto (Ellis, 1998).

Un incremento en la eficiencia del proceso de síntesis de proteína ligado a un aporte ideal de proteína-aminoácidos en la dieta, se presenta como una de las alternativas viables a corto plazo, partiendo del principio de que a medida que se incrementa el aporte de ésta en la ración, decrece la eficiencia en su utilización (Kerr, 1993).

Tradicionalmente el cálculo del requerimiento tanto de la proteína cruda, como de los aminoácidos, se basó en pruebas de comportamiento en donde las variables de respuesta eran la ganancia diaria de peso (GDP) y la eficiencia alimenticia (EA). Sin embargo, han surgido nuevas opciones donde se involucra tanto a la composición corporal como a la eficiencia metabólica, como patrones para la estimación en sus relaciones; de donde surge el concepto de una Proteína Ideal, cuyo principio teórico se originó en la Universidad de Illinois en los Estados Unidos con los postulados del requerimiento particular (Mitchell, 1964). Posteriormente, en la Gran Bretaña se postuló una Proteína Ideal (ARC, 1981) y luego se probaron empíricamente las

proporciones en una aproximación de " adición o eliminación sucesiva " de los aminoácidos (Wang y Fuller, 1989). Para que finalmente se aproximara a un principio de aplicación práctica al establecerse diferencias por categorías de peso corporal y sugerirse que ciertos aminoácidos como los azufrados (Met + Cys), treonina (Thr) y triptofano (Trp), son demandados en mayor cantidad en las últimas etapa de la engorda por que el animal se aproxima más a una situación de mantenimiento (Baker y Chung, 1992).

Cuando se comparan las estimaciones de la Proteína Ideal entre autores, deben considerarse diferencias metodológicas. Wang y Fuller (1989), condujeron experimentos por exclusión de aminoácidos y el método de alimentación fue pareado o restringido, posteriormente revisaron (Wang y Fuller, 1990) sus estimaciones con dietas convencionales, las proporciones entre los aminoácidos pudieron ser diferentes al considerar el aporte digestible; en todos los casos mantuvieron constante una relación lisina: proteína. Baker y Chung (1992), en cambio, usaron dietas químicamente definidas y sus estimaciones por lo tanto asumen la digestibilidad ileal verdadera de los aminoácidos.

Otra diferencia en las estimaciones es la forma de alimentación, el nivel del consumo, y que se hayan cuidado las proporciones entre los aminoácidos esenciales y el aporte de los no esenciales o de una fuente de nitrógeno para su síntesis. Wang y Fuller (1989) trabajaron restringiendo el consumo, lo que pudo evitar el uso de los aminoácidos como energía, mientras que Baker y Chung (1992) extrapolaron de la deficiencia o exceso marginales, cuando los consumos se manejaron a saciedad; las dietas de Baker y Chung (1992) fueron siempre bajas en el aporte de nitrógeno no esencial y Wang y Fuller (1989) mantuvieron una muy alta concentración de lisina en la proteína dietaria .

Ahora bien, las proporciones entre los aminoácidos no pueden mantenerse estáticas ya que del requerimiento total de las etapas tempranas de crecimiento, más

del 90% se puede explicar por la deposición muscular de proteína, pero, conforme el cerdo crece, las demandas de mantenimiento van ganando preponderancia, hasta ser absolutas en la madurez. Por ejemplo, el crecimiento muscular es el responsable de la mayor parte de la demanda de un lechón al destete, pero en finalización quizá colágeno (y otras proteínas estructurales) sean las que predominen; tanto que comparativamente para lechones la demanda de aminoácidos azufrados (Met+Cys) es igual al 60% de lisina y para adultos en mantenimiento equivale al 143% (Cuarón, 1996).

Un factor importante es que los aminoácidos presentes en la proteína son constantes y la demanda aparente esta determinada por la proporción relativa de las diferentes proteínas que se están sintetizando. Por lo tanto, independientemente de que los cerdos de diferente sexo y genotipo sometidos a diferentes regímenes nutricionales crezcan a diferente velocidad, el perfil de aminoácidos que depositen como proteína, por ejemplo músculos, tenderá a ser muy igual .

Así, el concepto de la Proteína Ideal define el requerimiento de los aminoácidos esenciales en una relación proporcional con los requerimientos de lisina (Cuadro 1) y la proporción de éstos, en relación a lisina, cambia en proporción a la preponderancia y composición de las proteínas depositadas (Baker y Chung, 1992).

Una condición para el cálculo de las raciones con éste principio, es que las proporciones de los aminoácidos en relación a lisina, deben calcularse con base en el aporte digestible (digestibilidad ileal verdadera), lo que permitirá predecir de una manera más exacta el valor nutritivo de los alimentos, reflejándose esto, directamente en la eficiencia alimenticia, como lo demuestra el trabajo realizado por Mosenthin *et al.*, (2000) y Boisen *et al.*, (2000).

Sin embargo, bajo condiciones prácticas se dificulta la aplicación del concepto de Proteína Ideal, El primer factor limitante para la aplicación del concepto, es conocer la

digestibilidad de los aminoácidos, por lo que la confiabilidad de valores arrojados por las diferentes fuentes estará en función del número de observaciones que se tenga para cada aminoácido. En segundo término el requerimiento de los cerdos se debe calcular a partir de un buen estimador de la demanda de lisina, por ejemplo, el nivel que históricamente ha resultado en la mejor respuesta animal. Con el nivel de lisina conocido, se tendrá (de nuevo por el análisis histórico, ahora de los alimentos) la demanda de lisina digestible y de esta se calculan el resto de los aminoácidos con base en su digestibilidad ileal verdadera, por su proporción con lisina digestible.

Por otro lado, considerar todos los aminoácidos esenciales en la formulación, imposibilita la aplicación del concepto, sobre todo por que para prevenir la deficiencia de los limitantes, se llega a excesos en el resto, pero al contar con la oferta comercial de los primeros cuatro aminoácidos limitantes (lisina, treonina, metionina y triptófano) en su forma cristalina, la gama de posibilidades de alcanzar un balance ideal se amplia, permitiendo un uso más eficiente de los suplementos proteicos y, minimizando además la excreción de nitrógeno, lo que se torna atractivo desde un punto de vista económico y ambiental.

En la formulación práctica a costo mínimo es común no imponer un límite máximo de proteína al tratar de suplir la demanda de los aminoácidos limitantes, pudiendo incurrir con facilidad en exceso de otros aminoácidos (aminoácidos dispensables o indispensables) que impiden la eficiente utilización de los mismos. Como se muestra en el trabajo de Wang y Fuller (1990) quienes usaron una proporción de lisina total a proteína de 6 a 7%, lo que fue relevante ya que los excesos hubieran inducido al uso de los aminoácidos como fuente de energía y al desperdicio del nitrógeno.

El exceso de aminoácidos es una fuente muy cara de energía, su catabolismo oxidativo rinde una energía metabolizable de alrededor de 16 kJ/g, pero habrá que sumar la pérdida de energía por la generación de calor al eliminar el nitrógeno excedente (Just *et al.*, 1982). Esto es importante, ya que un aporte insuficiente de

energía es la causa más frecuente de fallas en la deposición de proteína y, aunque el animal podrá compensar la baja densidad energética con un mayor consumo, hay límites físicos para ello, los que se relajan al crecer el animal (Kerr, 1993; Tuitoek *et al.* 1997).

En la práctica se acepta que niveles altos de proteína favorecen el rendimiento magro y disminuyen el contenido de grasa dorsal en la canal, pero no necesariamente originan mejores ganancias de peso, sí, en cambio, ligeras reducciones en el consumo, por lo que la eficiencia alimenticia y la deposición de magro mejoran marginalmente (Bikker *et al.*, 1993; Braña y Cuarón, 1994) pero, ya que el objeto de formular a Proteína Ideal es hacer el máximo uso de los aminoácidos para la síntesis de tejido magro, los excesos son una fuente de ineficiencia, por lo que serán las condiciones del mercado las que dicten si los beneficios de los excesos son atractivos económicamente. Los excesos, definitivamente, no son aceptables desde el punto de vista del uso de los recursos alimenticios y de protección al ambiente.

Por otro lado, parece apropiado usar las demandas de mantenimiento y las de producción de proteína corporal para ponderar la demanda conforme los cerdos crecen. El problema es conocer las curvas de crecimiento magro o mejor aún, las curvas de deposición de proteína, siempre relativas a la media de deposición y expresadas como la desviación en cada etapa (que es la aproximación seguida por el modelo de predicción del NRC, 1998).

Con la aplicación de un aparato de ultrasonido se pueden construir las curvas para la deposición de grasa dorsal y del área del ojo de la chuleta, mediciones que forman parte de las ecuaciones propuestas por el National Pork Producer Council (1999), para la determinación del tejido magro libre de grasa en el animal vivo requerida por el modelo del NRC (1998), para el cálculo del requerimiento de los aminoácidos.

Para desarrollar curvas de crecimiento para un genotipo en especial, se debe alimentar a los cerdos con dietas que no sean limitantes para la máxima deposición de proteína y de tejido magro, y deberán ser alojados en ambientes lo más representativo posible de la porcicultura comercial. Deberá registrarse el peso y el consumo de alimento de manera periódica, así como estimar de manera seriada aspectos de composición corporal (Schinckel y Einstein, 1995).

La ultrasonografía se ha utilizado para determinar el mérito de las canales porcinas en animales vivos, dado que las mediciones ultrasonográficas tienen una precisión de mediana a alta para estimar algunas de las características de la canal, lo cual ha permitido desarrollar ecuaciones de predicción para calcular el rendimiento magro en cerdos (Cisneros *et al.*, 1996; Mejía *et al.*, 1992). A pesar de esto, es importante considerar que dicha precisión está sujeta a variabilidad, por lo que la correlación entre las mediciones ultrasonográficas y los valores obtenidos directamente en la canal y, por consiguiente, la confiabilidad al usar las ecuaciones de predicción basadas en mediciones ultrasonográficas, dependerá de las posibles fuentes de variación. Así, para que éstas ecuaciones sean de utilidad y para disminuir el error en la estimación, es necesario que éstas sean desarrolladas considerando las características del equipo de ultrasonografía, la metodología utilizada para realizar las mediciones, el genotipo de los animales, el peso al momento del sacrificio, el manejo de las canales y el criterio de selección. Así, las canales se manejan sin cabeza y patas en los rastros de los Estados Unidos de Norte América y Canadá, mientras que en México las canales sí las incluyen.

A pesar del grado de precisión observado en diferentes trabajos donde se utiliza la técnica de ultrasonografía para determinar la deposición de tejidos, su bondad consiste en que no es invasiva, lo que permite tomar muestras de la deposición de tejidos a diferentes pesos corporales en un mismo individuo, incrementando su valor si al mismo tiempo se compara con muestreos sobre la canal. Con ésto, es factible construir una curva de deposición de tejido magro libre de grasa

a diferentes pesos corporales del cerdo, lo que a su vez permite calcular la ganancia diaria de tejido magro entre diferentes puntos de interés dentro de la curva, siendo útil en la determinación de los requerimientos de aminoácidos en diferentes etapas.

Con base en lo anterior podemos establecer que si bien los niveles de lisina en la dieta pueden ser calculados con cierta facilidad, los rangos de concentración de proteína deben fijarse para evitar que excesos de nitrógeno disminuyan la eficiencia del uso de los primeros aminoácidos limitantes.

Aceptando las estimaciones publicadas sobre Proteína Ideal, entonces queda por confirmarse la relación idónea lisina: proteína para las fases de crecimiento y finalización del cerdo, lo que se plantea como objetivo del presente trabajo.

HIPOTESIS.

Al disminuir el porcentaje de proteína cruda en la dieta, hasta el punto donde se logre la mayor deposición de proteína, manteniendo constante la relación de aminoácidos limitantes (como porcentaje de la proteína), no afectará los parámetros productivos y podrá aumentar la eficiencia proteica del crecimiento magro de los cerdos en diferentes etapas de crecimiento.

OBJETIVO GENERAL.

Definir el nivel óptimo de proteína y aminoácidos en cerdos en crecimiento finalización para la máxima deposición de tejido en la canal con el mayor grado de eficiencia de utilización de la proteína dietaria.

OBJETIVOS PARTICULARES.

Determinar el punto óptimo donde se logra la mayor retención de nitrógeno con el mayor grado de eficiencia en cerdos en crecimiento (47 kg \pm 2.8) utilizando la retención de nitrógeno como variable de respuesta.

Construir las curvas de crecimiento para: peso vivo (PV), consumo diario de alimento (CDA), así como de tejido magro libre de grasa en términos de kilogramos (TMLG, KG) y como porcentaje del PV (TMLG, %), lo que permite estimar la ganancia diaria de peso (GDP), y la ganancia diaria de tejido magro libre de grasa (GDTMLG).

Evaluar el comportamiento productivo y características de la canal de los cerdos alimentados con un nivel de proteína estimado para obtener la mayor deposición de proteína con el mayor grado de eficiencia, con la relación de aminoácidos limitantes más apropiada.

MATERIAL Y METODOS.

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIFyMA), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAGAR), localizado en el kilómetro 1.5 de la carretera a Colón, Municipio de Colón, en el Estado de Querétaro; a una altura de 1950 m.s.n.m., con clima semiseco templado, temperatura media anual de 14° C, lluvias durante el verano y una precipitación pluvial media anual de 460 a 640 mm (Soria *et al.*, 1987).

El trabajo experimental consistió en tres pruebas:

1. Prueba de balance de nitrógeno.
2. Determinación de las curvas de crecimiento para: PV,CDA, así como de TMLG, KG y como porcentaje del PV (TMLG, %), lo que permite estimar GDP, y la GDTMLG .
3. Prueba de comportamiento productivo y evaluación de la canal.

Se utilizaron cerdos producto de cruzamientos alternos Duroc-Landrace, provenientes de camadas destetadas a los 23 días de edad en promedio y un peso vivo de 6.9 kg. A los que antes de comenzar los experimentos y durante el transcurso de éstos, se les alimentó a saciedad dos veces por día, manteniendo un intervalo de 12 horas entre comidas y procurando que el animal tuviese alimento disponible en todo momento, limitándose a servir únicamente la cantidad que cada animal fuese a consumir, aumentando o disminuyendo el aporte según el apetito de los animales (Cervantes, 1991). El consumo de alimento se registró diariamente y los animales fueron pesados a intervalos de una o dos semanas.

La formulación de las dietas se basó en la composición analizada de los ingredientes, realizándose aminogramas de los mismos (grano de sorgo, pasta de soya, y harina de pluma y sangre). El proceso de formulación se realizó bajo estándares comerciales, utilizando programación lineal para costo mínimo excepto para la etapa de crecimiento del Experimento 3; y las vitaminas y minerales se incluyeron para cubrir o exceder los requerimientos diarios recomendados para las diferentes etapas de producción del cerdo (NRC,1998). La molienda y mezclado de las dietas se realizó a intervalos de 8 días.

Las instalaciones de la granja se describen como de tipo frente abierto, con piso sólido de concreto. Los corrales colectivos experimentales proveen 1.2 m² por cerdo de 100 Kg. para el caso de corraletas individuales de 1.25 m² . Todas las corraletas están equipadas con comedero de tolva de llenado manual y bebedero automático.

Cuando se requirió sacrificar animales, se trasladaron a un rastro Tipo Inspección Federal. La evaluación y cortes de la canal se realizó acorde con los lineamientos de la Norma Mexicana de Clasificación de Canales (NMX-FF-81.1993-SCFI), Cuarón *et al.*, 1992 y los del National Pork Producers Council (NPPC , 1988 y 1999).

EXPERIMENTO 1.

PRUEBA DE BALANCE DE NITROGENO.

El experimento se realizó con el objeto de determinar el punto donde se logra la mayor retención de nitrógeno con el mayor grado de eficiencia en cerdos en crecimiento ($47 \text{ kg} \pm 2.8$) utilizando la retención de nitrógeno como variable de respuesta y partiendo de la premisa de que los animales alimentados con las dietas consideradas como bajas en el contenido de proteína, pero ajustando el contenido de aminoácidos limitantes, tendrán un uso más eficiente del nitrógeno que el observado con niveles más altos de proteína.

ANIMALES.

Se usaron un total de 24 cerdos machos castrados con un peso inicial promedio de 20 kg en la etapa preexperimental. El peso promedio de los cerdos durante el periodo de colección fue de $47 \pm 2.8 \text{ kg}$. y 107 ± 7 días de edad y se asignaron al azar a uno de los 4 tratamientos en estudio.

TRATAMIENTOS.

Los tratamientos consistieron en la inclusión de 4 niveles de proteína cruda en la dieta manteniendo constante el nivel de lisina como porcentaje de la misma (6 % Lys: PC) : 12.00 y 0.72; 15.00 y 0.90; 18.00 y 1.08; 21.00 y 1.25. La concentraciones de proteína y lisina utilizadas se derivaron de observaciones previas (Braña y Cuarón, 1993), en la misma población de cerdos. El nivel mínimo de proteína y lisina se obtuvo de los siguientes cálculos: el nivel de proteína cruda con el cual los aminoácidos requeridos fueron aportados en suficiencia, excepto para lisina y treonina, los cuales fueron adicionados a partir de fuentes cristalinas. Los tres tratamientos de proteína y

lisina restantes se establecieron a partir del nivel más bajo de proteína para asegurar una respuesta lineal en la retención de nitrógeno. La formulación de las dietas se basó en un patrón sorgo- pasta de soya (Cuadro 2).

DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se utilizó un diseño de bloques al azar, en donde el nivel de proteína fue el factor de estudio; el bloque correspondió a la semana de inicio de la prueba. La unidad experimental fué el animal y se tuvieron seis repeticiones por tratamiento (una sola observación por tratamiento dentro de bloque). Los bloques fueron estructurados por grupos de 4 cerdos, con objeto de realizar de manera adecuada el ofrecimiento del alimento y la colección de muestras. Los criterios de respuesta evaluados fueron: nitrógeno consumido (g/d), nitrógeno en heces (g/d), nitrógeno excretado en orina (g/d), digestibilidad del nitrógeno (%), nitrógeno retenido (g/d), nitrógeno retenido/consumido y nitrógeno retenido/digerido (%). Cuando se contó con los datos totales de los diferentes bloques, se sometieron a un análisis de varianza, utilizando los Procedimientos Lineales Generales (SAS,1987). Con objeto de identificar las tendencias de comportamiento de las diferentes variables en estudio, se utilizó la prueba de contrastes ortogonales para 4 niveles (3 grados de libertad: lineal, cuadrático y cúbico).

Para definir el punto de intersección donde se logra la mayor retención de nitrógeno, con el mayor grado de eficiencia, fue necesario identificar a dos de las variables que representaran tanto al proceso de retención de nitrógeno como al factor de eficiencia y que además estuviesen expresadas en las mismas unidades. Se resolvieron las ecuaciones de regresión de las variables: nitrógeno retenido expresado, como porcentaje del consumido y nitrógeno urinario también como porcentaje del consumido. Con las ecuaciones en igualdad algebraica se sustituyeron para despejar la variable independiente, con lo que se encontró el punto de identidad

entre ambas ecuaciones, lo que se considera como una herramienta metodológica de aproximación.

RUTINA DE ALIMENTACION Y COLECCION DE MUESTRAS.

Al inicio del experimento los animales fueron alojados en corrales individuales. Cuando los cerdos alcanzaron los 43 kg. se trasladaron a jaulas metabólicas de adaptación en donde permanecieron 5 días en promedio, para finalmente ubicarlos en las jaulas metabólicas para la colección de muestras (Mayen *et al.*, 1985) donde se les dio un período de 3 días, antes de comenzar la etapa de colección.

Los animales se alimentaron a saciedad dos veces al día dando un máximo de 90 minutos por comida a fin de medir el consumo exacto y de entrenar a los animales a consumir la totalidad de su ración en el tiempo previsto. Pasando los periodos citados anteriormente, se dio inicio a la colección total de heces y orina por un total de 5 días. Para lo cual se utilizó óxido férrico como marcador inerte en el alimento (Fe_2O_3), a razón de 0.4% del total de la materia seca del alimento consumido al inicio y al final del periodo de colección. Las muestras de heces fueron colectadas cada 4 horas e introducidas a una estufa de aire forzado ($56^{\circ} C$), por 48 horas. Posteriormente éstas fueron molidas en un molino con una criba de 2 mm, se mezclaron las correspondientes a cada animal, obteniéndose una muestra compuesta de 100 g, a la que se le determinó contenido nitrógeno y materia seca total. La orina se comenzó a coleccionar hasta 24 horas después de iniciado el muestreo, y posteriormente cada 24 horas durante 5 días. Con objeto de prevenir contaminaciones en la orina, se colocó una gasa en la salida de las charolas de colección, y finalmente ser recibida en una cubeta de plástico, la cual contenía 30 ml de HCl 6N como conservador. Diariamente se midió el volumen total, para después tomar una alícuota de 200 ml, registrando su densidad y sometiéndose a congelación para posteriormente determinar el contenido de nitrógeno por el método de Kjeldhal (Tejada, 1992).

EXPERIMENTO 2.

Para determinar las curvas de crecimiento, se utilizaron 24 machos castrados y 24 hembras, procedentes de cruzamientos en donde se contó con dos razas del padre y dos sexos con una edad y peso inicial (PI) de 70 días y 27.13 ± 1.76 kg. Los animales fueron alimentados durante todo el experimento dos veces al día con una dieta con 18 % de PC y 1.08 % de lisina total, nivel calculado como suficiente para maximizar la deposición diaria de proteína bajo condiciones prácticas de alimentación, a pesar de que existir excesos de aminoácidos (Braña y Cuarón, 1993; dieta con 18% de PC, del Cuadro 2). Los cerdos fueron pesados y sometidos a la lectura con el ultrasonido semanalmente; para lo que se utilizó un aparato de ultrasonido marca Aloka modelo SSD-500 (1994), equipado con un transductor lineal de 3.5 MHz y 96 mm de longitud, utilizando aceite vegetal como interfase entre la piel del animal y el transductor. Para determinar el área del ojo de la chuleta , además, se utilizó una guía de material antiecológico como interfase. Todas las mediciones se realizaron en el lado izquierdo del animal, perpendiculares a la columna vertebral, en los siguientes puntos determinados mediante palpación:

GD3U= centímetros de espesor de ambas capas de grasa dorsal subcutánea a la altura de la última costilla, sobre la línea media.

AOCHU = área del ojo de la chuleta (músculo Gran Dorsal) a la altura de la décima costilla, determinada directamente en la pantalla del equipo (función ELIPSE).

Para el calculo del contenido magro libre de grasa en kilogramos y como porcentaje del PESOV, mediante el uso del ultrasonido en animales vivos, se procedió a utilizar la ecuación de predicción propuesta por el National Pork Producers Council (NPPC, 1999):

$$\text{TMLG(lb.)} = 1.4357 + 0.7632 * \text{Sex} - 14.7839 * \text{BF} + 4.9574 * \text{LMA} + 0.3312 * \text{LMA} + 0.3312 * \text{LWT}.$$

Una vez finalizado el experimento, veinticuatro horas después de tomadas las mediciones con el equipo de ultrasonografía, los cerdos fueron pesados y enviados al rastro para determinar las características de la canal.

El sacrificio de los animales se realizó a los $96.3 \text{ kg} \pm 5.45$, de peso corporal promedio en un rastro Tipo Inspección Federal, donde fueron evaluadas las características de la canal.

Las características de la canal fueron evaluadas siguiendo las recomendaciones de la Norma Mexicana para la clasificación de las Canales de Cerdo. La grasa dorsal fue medida con una regla metálica a la altura de la primera costilla (GD1), décima (GD2) y última costilla (GD3) y última vértebra lumbar (GD4). La cantidad de cortes primarios expresada en Kg (CCP) que a diferencia del Consejo Nacional de Productores de Cerdo (NPPC, 1988), incluyó al tocino, fue estimada mediante la ecuación:

$$\text{CCP} : 10.07 + (0.46 * \text{peso de la canal caliente en kg con cabeza y patas}) - (2.14 * \text{GD3 en centímetros})$$

El área del ojo de la chuleta (AOCH) se determino usando planimetría y la cantidad de cortes magros en kg (CCM) fue estimada usando las recomendaciones del NPPC (1988) mediante la formula:

$$\text{CCM, lb.} = 10.5 + (0.5 * \text{peso de la canal caliente en lb. sin cabeza}) + (2 * \text{AOCH en pulgadas cuadradas}) - (14.90 * \text{GD2 en pulgadas}).$$

Para el cálculo del contenido magro libre de grasa en kilogramos y como porcentaje del PESOV, se procedió a utilizar la ecuación de predicción propuesta por el National Pork Producers Council (NPPC, 1999):

$$\text{TMLG lb.} = 11.4447 - 19.9257 * \text{BF} + 2.5928 * \text{LEA} + 0.5105 * \text{HCW}.$$

Los criterios de respuesta que definieron las curvas de crecimiento fueron : la medición de la curva de peso vivo (PV), consumo diario de alimento (CDA), así como la estimación de tejido magro libre de grasa en términos de kilogramos (TMLG, KG) y como porcentaje del PV (TMLG, %), lo que permitió estimar la ganancia diaria de peso (GDP), eficiencia alimenticia (EA), y la ganancia diaria de tejido magro libre de grasa (GDTMLG).

Para el caso de las variables, peso en crecimiento (PC), peso final (PF), GDP, CDA, y EA, se sometieron a un análisis de covarianza, utilizando el PI como covariable; en el caso de peso inicial se usó un análisis de varianza, siendo la raza del padre y el sexo los factores de estudio.

Para determinar las ecuaciones de regresión de las variables que definieron las curvas de crecimiento, se utilizó la opción paso a paso (Stepwise) del Procedimiento de Regresión (Proc Reg) del paquete estadístico SAS (1987), para las variables edad, edad², sexo y raza del padre, considerando una R² de 0.94. Posteriormente se corrió un análisis de varianza para identificar los efectos de raza y sexo.

Para analizar el área del ojo de la chuleta y la grasa dorsal total (GDT = promedio de primera y última costilla y última vértebra lumbar, sobre la línea media), se incluyó al peso vacío de la canal como covariable. Las variables analizadas con el modelo sin covariable fueron: tejido magro libre de grasa en kg y en %, cortes primarios en kg y en % (calculados).

EXPERIMENTO 3.

Partiendo de los resultados del experimento 1, se diseñó el experimento 3, teniendo como objetivo determinar la relación idónea de lisina: proteína en las fases de crecimiento y finalización.

Los tratamientos se aplicaron con base en un arreglo factorial, utilizando dos niveles de proteína cruda, uno ALTO: 16.7% en crecimiento (25-65 kg de peso) y 15.5 en finalización (66-107 kg) y el otro BAJO 14.7 y 13.5 en las dos fases de engorda . A los dos niveles de proteína cruda se impusieron factorialmente 3 relaciones porcentuales de lisina a proteína: 5.0, 5.8 y 6.6 %. Contando con 8 repeticiones en la interacción, 24 por nivel de proteína y 16 por relación lisina: proteína. La formulación de las dietas se basó en un patrón sorgo – pasta de soya (Cuadro 3 y 4). Para las dietas de crecimiento se formuló una dieta basal para ambos niveles de proteína y se fueron adicionando la lisina, treonina y metionina cristalina necesaria para alcanzar el nivel establecido. La adición de los aminoácidos cristalinos se realizó desplazando parte del ácido glutámico incluido en la dieta basal el cual se utilizó como fuente de nitrógeno no esencial para la síntesis de aminoácidos (Baker, 1997). Para las dietas en finalización se contó con formulas independientes para cada uno de los niveles de proteína y sus diferentes relaciones con lisina, además de contar con triptófano en forma cristalina.

Se utilizaron un total de 48 cerdos, 24 machos castrados y 24 hembras, con un peso inicial promedio de 25.12 ± 2 kg, y a los que se asignó al azar a cada uno de los 6 tratamientos en estudio. Los animales fueron alojados en corrales individuales cuyas características fueron descritas en el experimento 2; alimentándose a saciedad dos veces al día con las dietas descritas en los Cuadros 3 y 4.

Los cerdos fueron pesados catorcenalmente y el consumo de alimento fue (acumulado de mediciones diarias) medido con el mismo intervalo para determinar la

GDP, el CDA y la EA. El criterio utilizado para decidir la finalización del experimento fue el peso corporal, sacrificando a los animales cuando se aproximaban a un peso vivo de 100 kg.

Las variables de respuestas evaluadas en este experimento se dividieron en dos:

1) Comportamiento productivo: Evaluado con base en los datos de consumo diario de alimento y de los pesajes catorcenales, a partir de los cuales se calculó la eficiencia alimenticia.

2) Características de la canal: Para realizar las diferentes determinaciones se hizo uso de los lineamientos expresos en el experimento 2.

Para el caso de las variables: días en el experimento, edad, peso en crecimiento (PC), peso final (PF), GDP, CDA, y EA, ya sean en la etapa de crecimiento o global, se sometieron a un análisis de covarianza, utilizando el PI como covariable. Para el caso de la edad antes del experimento y del PI, se usó un análisis de varianza, siendo la raza del padre y el sexo los factores de estudio.

Para analizar el área del ojo de la chuleta, la grasa dorsal total (GDT), se incluyó al peso vacío de la canal como covariable. Las variables analizadas con el modelo sin covariable fueron: Rendimiento en Canal (RC), Cantidad y porcentaje de tejido magro libre de grasa (TMLG kg. y %) y peso de los cortes primarios y porcentaje de los cortes primarios (CP kg. y %) calculados.

Los datos se analizaron utilizando el programa para análisis estadístico SAS (1987), planteándose las comparaciones ortogonales del arreglo factorial, las tendencias de la línea y los valores de las pendientes y (o) los puntos de inflexión. Considerando en todos los análisis al corral como la unidad experimental.

RESULTADOS.

EXPERIMENTO 1.

Los resultados de la prueba de balance de nitrógeno se muestran en el Cuadro 5. El peso de inicio de colección (47 kg \pm 2.8) fue igual entre los bloques ($P > 0.05$). Con respecto a las variables evaluadas, el consumo de nitrógeno (g/día) tuvo un comportamiento lineal ascendente ($P < 0.01$). En consecuencia el nitrógeno excretado en las heces se incremento a medida que el nivel de proteína en la dieta fue mayor ($P < 0.01$). Para el caso de la excreción de nitrógeno en orina (ya sea expresado como gramos por día o como % del consumido total) se observo la misma tendencia lineal ($P < 0.01$).

Para definir el punto de intersección donde se logró la mayor retención de nitrógeno, con el mayor grado de eficiencia, se resolvieron las ecuaciones de regresión de las variables: nitrógeno retenido como porcentaje del consumido y nitrógeno urinario como porcentaje del consumido total.

- nitrógeno urinario, % del consumido:

$$Y = 11.21 + 1.95 (X)$$

- nitrógeno retenido, % del consumido:

$$Y = 55.39 - 1.15 (X)$$

El punto de intersección (óptimo) entre las dos rectas se calculó dando a las dos ecuaciones la misma importancia:

$$11.20 + 1.95 (X) = 55.38 - 1.14 (X)$$

$$-11.20 + 55.38 = 1.95 (X) + 1.14 (X)$$

$$44.18 = 3.10 (X)$$

$$X = 44.17 / 3.09$$

$$X = 14.26 \% \text{ de proteína en la dieta.}$$

EXPERIMENTO 2.

Las ecuaciones de regresión lineal que describen las curvas de crecimiento se muestran en las Gráficas uno a la ocho.

Dado que los cerdos fueron enviados a sacrificio en dos grupos de edad, el primero a los 154 y el segundo a los 168 días, se consideró como la edad promedio a los 161 (91 días de prueba en la que los cerdos alcanzaron un peso de 96.3 Kg. \pm 5.45). El consumo diario de alimento fue diferente entre sexos, consumiendo una mayor cantidad los machos, ($P < 0.01$), mientras que para el efecto de la raza del padre, los cerdos hijos de padre Landrace mostraron un consumo igual que los cerdos hijos de padre Duroc ($P > 0.06$), no observándose una interacción sexo * raza del padre.

Como se observa en los cuadros 7 y 8, la ganancia diaria de peso fue diferente entre sexos y raza del padre. Los machos castrados ganaron en promedio 10 % más que las hembras ($P < 0.01$) y los cerdos hijos de padre Duroc ganaron 8% más que los hijos de padre Landrace ($P < 0.01$).

Al calcular la eficiencia alimenticia al dividir la ganancia entre el consumo, las hembras mostraron valores superiores ($P < 0.05$), mientras que los hijos de padre Duroc fueron mejores que los hijos de padre Landrace ($P < 0.01$).

Para el caso de la grasa dorsal total medida en la canal, los machos castrados mostraron una mayor deposición que las hembras ($P < 0.01$) y los cerdos hijos de padre Landrace tuvieron mayor grosor ($P < 0.01$) que los cerdos hijos de padre Duroc.

Para la variable área del ojo de la chuleta, las hembras depositaron mayor cantidad de músculo que los machos castrados ($P < 0.05$), lo que se refleja en un mayor contenido de tejido magro libre de grasa y de cortes primarios, cuando se le expresa como porcentaje de la canal ($P < 0.05$). Para raza del padre, no existió

diferencia en el área del ojo de la chuleta, pero los cerdos hijos de padre Duroc depositaron más kilogramos de tejido magro libre de grasa y de cortes primarios ($P < 0.06$).

EXPERIMENTO 3.

La prueba tuvo una duración de 104 días \pm 5.93. Los cerdos arribaron a 101 \pm 4.14 kilogramos a los 173 \pm 5.66 días de edad. Los resultados de comportamiento productivo de los cerdos se presentan en el Cuadro 11 y 12.

Dado que no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables de comportamiento para la interacción sexo * raza de padre, solo se presentan los datos para sexo.

En el peso y edad inicial (25.1 \pm 2 Kg. y 69 \pm 0.9 d) no fue diferente para ninguno de los efectos estudiados ($P > 0.10$). Para el caso de la edad al sacrificio los machos se enviaron a rastro con una diferencia de 6 días con respecto a las hembras (170 d vs. 177 d, $P < 0.01$), manteniéndose la misma proporción entre los grupos por razas del padre (Duroc 170 d vs. 176 d Landrace, $P < 0.01$).

La diferencia se explica por un mayor consumo de alimento y ganancia de peso por día por los machos tanto en la etapa de crecimiento (Machos: 2.25 y 0.754 vs. Hembras: 1.95 y 0.684 kg/d, $P < 0.01$) como en los resultados al final de la engorda (Machos: 2.49 y 0.770 vs. Hembras: 2.25 y 0.705 kg/d, $P < 0.01$). Sin embargo no se encontraron diferencias en la variable eficiencia alimenticia en ninguna de las dos etapas ($P > 0.10$ Cuadro 11).

Para el caso de la etapa de crecimiento se encontró una interacción entre el nivel de proteína y la relación lisina: proteína (LYS:PC) en el consumo diario de alimento ($P < 0.06$), explicado por un menor consumo del mismo en los animales que consumieron la dieta con el nivel de proteína alto con una relación del 6.6%. Para el caso de la ganancia diaria de peso, también se encontró una interacción entre nivel de proteína y la relación LYS:PC ($P > 0.06$): animales que consumieron el nivel bajo de

proteína con la relación del 5% de lisina y los que consumieron la dieta alta en proteína con la relación de lisina de 6.6% mostraron ganancias de peso inferiores al resto de los tratamientos. En la eficiencia alimenticia el nivel de proteína alto tuvo un mejor comportamiento para esta variable (0.35 vs. 0.33, $P < 0.06$), por otro lado se observó un efecto de la relación, teniendo un desempeño menor cuando ésta fue del 5% de lisina con respecto a la proteína en la dieta ($P < 0.05$, Cuadro 12). Esto sugiere insuficiencia de aminoácidos en el nivel bajo de proteína (con la menor relación LYS:PC) o excesos en el nivel alto (con la mayor relación LYS:PC).

Al analizar los mismos efectos acumulados al final de la engorda se detectó la interacción entre el nivel de proteína y la relación LYS:PC en la ganancia diaria de peso y el consumo diario de alimento ($P < 0.07$): el mismo comportamiento que en la etapa de crecimiento. En la eficiencia alimenticia, para la etapa global, no se observó la interacción ni el efecto por la relación LYS:PC ($P > 0.10$, Cuadro 12).

Los datos de las canales evaluadas se presentan en el cuadro 13. Para el efecto de sexo se observó un mayor rendimiento en canal en las hembras con respecto a los machos (83.1 vs. 81.4 %, $P < 0.01$), y una mayor cantidad de tejido magro libre de grasa calculado y de cortes primarios calculados cuando se les expresa como porcentaje del peso vivo y de la canal respectivamente (42.1 y 53.0 vs. 40.0 y 51.23 %, $P < 0.01$).

En la composición corporal se encontró un efecto del nivel de proteína sobre el espesor de la grasa dorsal total, teniendo mejor comportamiento el nivel alto (3.03 vs. 3.29 cm, $P < 0.05$), así como una interacción entre el nivel de proteína y la relación LYS:PC para el AOCCH ya que en el nivel bajo de proteína y cuando la relación LYS:PC fue del 5% el tamaño del AOCCH fue menor ($P < 0.05$). En el caso de la cantidad de tejido magro libre de grasa y de la cantidad de cortes primarios expresados en kilogramos, se observa una interacción entre el nivel de proteína y la relación LYS:PC explicada por una menor deposición cuando en el nivel de proteína

DISCUSION

EXPERIMENTO 1.

La cantidad de nitrógeno en las heces estuvo directamente relacionada con la cantidad de nitrógeno consumido, coincidiendo con lo observado en los experimentos de retención realizados por Gatel y Grosjean (1992).

La mayor digestibilidad del nitrógeno a medida que el nivel de proteína se incrementó obedece básicamente a las diferencias de digestibilidad de los ingredientes que formaron parte de las dietas al ir incrementando el nivel de proteína, que además se demanda la adición de una mayor cantidad de sebo animal con objeto de mantener el nivel de energía constante (Cuadro 5). A medida que se adiciona una mayor cantidad de grasa en la dieta, se observa una disminución de la tasa de paso de la misma a través del tracto digestivo, lo que incrementa la oportunidad de digerir y para que los nutrientes sean absorbidos Just *et al.*, (1992).

Como respuesta al incremento progresivo de proteína se observó un incremento en la retención del mismo, lo que concuerda con los experimentos realizados por Berschauer *et al.*, (1983) y Lawrence *et al.*, (1994), quienes señalan que la relación entre el nitrógeno retenido y el nitrógeno consumido es lineal y dependiente de la concentración de proteína. Al mismo tiempo se observa un incremento en el nitrógeno excretado en la orina, como respuesta a un posible exceso de aminoácidos, coincidiendo con lo reportado por Gatel y Grosjean (1992), quienes al disminuir el nivel de proteína en la dieta de crecimiento de un 17,5% a un 15.5 y de un 14.5% a un 13 % en el periodo de finalización, manteniendo la relación de aminoácidos, lograron reducir la excreción de nitrógeno en un 20%, sin afectar la retención del mismo. Esto tiene efecto sobre grado de eficiencia de utilización de la proteína dietaria, ya que el aumento de la excreción de nitrógeno y la disminución del nitrógeno retenido (como %

del consumido), indica un aumento en la desaminación de los aminoácidos, que no se usaron para la síntesis de proteína (Just *et al.*, 1982).

Si bien los excesos de aminoácidos (que se mantuvieron constantes con relación a la proteína total) incrementaron linealmente la retención de nitrógeno, también originaron una pérdida proporcional de eficiencia proteica y de la conservación de la energía (Cuadro 5). Por esto dietas más altas en proteína tienden a producir canales con menor profundidad de grasa dorsal, pero los excesos pueden llegar al punto donde la energía sea insuficiente para llenar las demandas del máximo crecimiento magro (Wagner *et al.*, 1963; Bereskin y Davey, 1976; Tyler *et al.*, 1983; Hansen y Lewis, 1993; Chen *et al.*, 1995; Chen *et al.*, 1999).

Sin embargo los consumos de lisina y de energía tienen efectos independientes en la deposición de proteína: el consumo de lisina no altera el crecimiento magro cuando la energía es limitante, pero el consumo de energía no altera la intensidad de síntesis de proteína muscular cuando este depende de lisina (Möhn *et al.*, 2000)

La menor excreción de nitrógeno en orina ya sea expresado como gramos por día o como % del consumido total ($P < 0.01$), en el nivel de proteína del 12%, obedece a que no se cubren los requerimientos de aminoácidos demandados para la síntesis de proteína, obligando al sistema metabólico a eficientar el uso de los mismos, lo que se corrobora al contrastar con los resultados de la variable "eficiencia en la retención de nitrógeno" que se mejora a medida que el nivel de proteína disminuyó en la dieta. Cuando comparamos el aporte de aminoácidos totales de la dieta del 12% (a los que se mantuvo constantes como % de la proteína) con el sugerido por el NRC en 1998 (0.95, 0.61, 0.17 y 0.54 % de la dieta), para cerdos de 20 a 50 kg se detecta una deficiencia en el aporte de lisina, treonina, triptófano, metionina + cistina y valina, (0.72, 0.53, 0.13, 0.46 y 0.57% de la dieta en el mismo orden) lo que se manifiesta en una pobre retención de nitrógeno, contrastando con lo reportado por Kerr (1993), quién al suplementar una dieta con 12% de proteína con lisina, treonina, triptófano a

niveles (0.80, 0.65 y 0.16 % de la dieta) iguales a los alcanzados con una dieta de 16%, redujo dramáticamente la excreción de nitrógeno. Sin embargo sólo alcanzó la máxima retención cuando aportó una fuentes de nitrógeno para la síntesis de aminoácidos no esenciales.

Cuando el nivel de proteína se incrementó al 15%, se cubrió el requerimiento de aminoácidos para la síntesis de proteína de esta etapa en particular, respaldado por un incremento en el nitrógeno retenido, igual al observado con el 18% de PC, pero sin afectar la eficiencia en la retención, lo que se corrobora cuando comparamos el aporte de lisina, treonina, triptófano y metionina + cistina (0.90, 0.66, 0.16 y 0.57 % de la dieta) con el propuesto por el NRC en 1998 (0.95, 0.61, 0.17 y 0.54 % de la dieta), se cubre el requerimiento de aminoácidos totales excepto para lisina. El detrimento en la eficiencia de retención presente cuando se oferta el nivel de 18 o 21 % de proteína se explica por la presencia de una mayor cantidad de aminoácidos ofertados por arriba del requerimiento propuesto por el NRC (1998), cobrando importancia los excesos de indispensables y de dispensables como arginina, leucina, histidina, fenilalanina + tirosina y valina, que en conjunto tiene que ser excretados a través de la orina en forma de urea, lo que supone un gasto energético superior (Cuadro 5). Sin embargo, lo mas grave sea los antagonismos conocidos entre grupo de aminoácidos como lisina-arginina y leucina-isoleucina-valina. Los aminoácidos que participan en los grupos de antagonismo pueden afectar la utilización de cada uno de los otros, compitiendo por sitios de absorción en el intestino y en el tubulo renal, o interfiriendo con el metabolismo normal de los mismos (Ej. Incrementando la degradación de aminoácidos) y también afectando la regulación del consumo voluntario (Edmonds *et al.*, 1987; Southern y Baker, 1992). Así, el exceso de aminoácidos en las dietas de cerdos pueden resultar en una disminución de la eficiencia alimenticia y alterar la utilización de nutrientes. Un trabajo clásico fue el realizado por Suothern y Baker (1982), quienes al suplementar arginina de 0.67 al 2 % de la dieta, encontraron nivel superior del aminoácido y de ornitina en plasma y un decremento de lisina e histidina, lo que se manifestó en un incremento en la excreción a través de la orina de arginina,

ornitina, citrulina, lisina, histidina y cistina, concluyendo que el exceso de aginina representa un ejemplo clásico de inbalance más que de un antagonismo.

Cuando analizamos la proporción en la que los ingredientes que formaron parte de la dieta se incorporaron para satisfacer el perfil de aminoácidos requerido, cobro preponderancia la pasta de soya y la harina de pluma y sangre. Para alcanzar el nivel de proteína del 18 y 21 %, la pasta de soya cubre el 46 y 51% de la proteína total, lo que hace evidente la falla en el aporte de treonina que tuvo que ser cubierto en parte por el aminoácido cristalino. Para el caso de lisina y metionina + cistina no sucedió lo mismo por que niveles crecientes de harina y sangre fueron incorporados, cubriendo la demanda de estos aminoácidos. Es importante recalcar que cuando se formule bajo el concepto de la Proteína Ideal, siempre sea en base digestible (ileal verdadera), lo que nos permite calcular y formular las raciones con mayor seguridad y exactitud, además de fomentar la utilización de fuentes alternativas de proteína, cereales y varios subproductos de la industria del procesado de alimentos.

Los datos bibliográficos como el trabajo realizado por Tanksley y Knabe (1984), confirman que la incorporación de la digestibilidad ileal de los aminoácidos permite una predicción más exacta del rendimiento de los cerdos en la engorda. En tal estudio se reemplazó el 50% de la proteína aportada por la pasta de soya, por proteína de harina de carne y hueso en una dieta a base de maíz. Como era previsible, la sustitución sobre la base de la proteína resultó en una disminución de la GDP y de EA. Cuando se suplementaron triptófano y lisina, para mantener el mismo contenido de triptófano y lisina digestibles, la ganancia de peso mejoró sensiblemente.

El resultado de resolver las ecuaciones que definieron al 14.3% de proteína cruda en la dieta como el punto donde se retiene con el mayor grado de eficiencia en cerdos de 47 kg es similar al 13.7 % reportado por Braña y Cuarón (1994), como punto de inflexión para la máxima eficiencia proteica, al utilizar diferentes niveles de proteína en la dieta en una prueba de comportamiento incluyendo animales de la misma población en etapa de crecimiento-finalización.

EXPERIMENTO 2.

En primera instancia, la aceptación de la técnica ultrasonográfica se evalúa en función de la exactitud de las mediciones en vivo, con relación a las obtenidas en la canal, como se muestra el Cuadro 9, utilizándose en general, al coeficiente de correlación (r) como herramienta para explicar la intensidad de la relación entre ambos métodos, sin dejar de reconocer sus limitantes y aceptando que el valor de la técnica ultrasonográfica se incrementa cuando se evalúa a un grupo de tratamientos, ya que el error se distribuye entre los grupos al evaluarse un número considerable de animales (Houghthon y Turlington, 1992). Las correlaciones obtenidas en el presente trabajo entre las mediciones ultrasonográficas de la grasa dorsal subcutánea y los valores observados directamente en la canal son congruentes con los hallazgos de otros autores (Stouffer *et al.*, 1961; Gillis *et al.*, 1972; Giles *et al.*, 1981; Mersmann, 1982; Forrest *et al.*, 1989; Lopes *et al.*, 1987; McLaren *et al.*, 1989; Houghthon y Turlington, 1992). Siendo la grasa dorsal en la última costilla la que presenta valores de correlación aceptables, lo que coincide con Mejía (1999), quien la incluye como parte importante de las ecuaciones para predecir cantidad de cortes primarios y rendimiento de cortes magros al utilizar ultrasonografía (Cuadro 9).

Al comparar los valores obtenidos al usar las ecuaciones de predicción de cortes primarios y rendimiento magro generadas por Mejía (1999), con los resultados utilizando las ecuaciones de la Norma Mexicana y del NPPC (1988), se encontró que la correlación fue de 0.89 y 0.75, respectivamente ($P < 0.001$). La cantidad estimada de cortes primarios con ultrasonido, mostró sólo una diferencia del 1% respecto a los valores obtenidos con la Norma Mexicana y para el caso de cortes magros fue 16% menor en promedio al usar ultrasonido con respecto a los valores obtenidos con la ecuación del NPPC (1988).

Al establecer las curvas de crecimiento y deposición de tejidos se determinó que los machos castrados consumen más alimento ($P < 0.01$) y ganan más peso que las

hembras ($P < 0.01$), mientras que éstas últimas requieren de menos alimento por unidad de ganancia ($P < 0.05$), depositan mayor porcentaje de tejido magro libre de grasa en su canal que los machos castrados ($P < 0.01$, Cuadro 7) y por consecuencia reportan un mayor porcentaje de cortes primarios ($P < 0.01$), coincidiendo con las diferencias reportadas en el trabajo realizado por Cromwell *et al.*, (1993). Se presume que hay poca diferencia en las necesidades nutritivas por efecto del sexo hasta los 50 kg de peso corporal (Batterham *et al.*, 1985, Yen *et al.*, 1986; Campbell *et al.*, 1988), pero se han generado varios trabajos en los que se muestra una diferencia substancial en los requerimientos. Williams *et al.*, (1984), encontraron que machos enteros de los 27 a los 55 kg de peso, requerían 32% más de lisina en la dieta que machos castrados de similar edad y peso para maximizar la ganancia, mientras que Batterham *et al.*, (1990), con cerdos enteros de 20 a 45 kg y comparando hembras del mismo peso concluyeron que la demanda de lisina se incrementa en un 29% (en un patrón de Proteína Ideal), cuando se mide la respuesta en ganancia de peso; 13% con eficiencia alimenticia y 24% para la máxima deposición de proteína. Con los datos de estos experimentos es aparente que aunque la eficiencia de uso de los aminoácidos es igual entre sexos, cuando menos hasta los 50 kilogramos de peso, el requerimiento puede variar por la diferencia de deposición de tejido magro en la canal (NRC, 1998). Con pesos corporales superiores a los 50 kg, las diferencias inducidas por el sexo aumentan. Williams *et al.*, (1984); Batterham *et al.*, (1990); Yen *et al.*, (1986) Campbell *et al.*, (1988), han mostrado una diferencia tan grande como del 40% en los requerimientos de los aminoácidos por efecto del sexo. Al mismo tiempo que se cuantifiquen las demandas de aminoácidos entre los sexos, sobre todo después de los 50 kg en función del comportamiento productivo y particularmente de la deposición de tejido magro, también se deben definir las diferencias en el consumo voluntario de alimento para poder proyectar el requerimiento en las diferentes etapas de la engorda (Kerr, 1993 ; NRC, 1998).

En las edad temprana del crecimiento del cerdo el consumo de alimento es relativamente similar. Sin embargo, dadas las diferencias que ocurren en la ganancia de peso y la deposición de tejido magro libre de grasa después de los 50 kg, es de

esperar diferencias en el consumo. En el presente estudio el hecho de que los machos castrados consumieron 18% más que las hembras y ganaran un 10% más peso por día (Cuadro 7) a una misma ganancia de tejido magro estimado por regresión (Cuadro 6), nos indica claramente que los cerdos de esta población deben ser alojados y alimentados con dietas diferentes (Stalhy *et al.*, 1991). Los machos castrados presentan su máximo consumo de los 30 a los 90 kg reduciéndolo al paulatinamente al arribar al peso de mercado, mientras que las hembras mantienen su consumo hasta los 100-110 kg de peso. Este patrón de consumo coincide con los patrones de maduración temprana y tardía de ambos sexos respectivamente.

Al evaluar los resultados productivos y características de la canal en términos de raza del padre, los cerdos hijos de padre Duroc presentan ganancias de peso superiores ($P < 0.06$) y consumo de alimento similar al observado con cerdos hijos de padre Landrace ($P > 0.06$), lo que resulta en una eficiencia alimenticia superior para los primeros (Cuadro 8). Valores que concuerdan con los reportados por el NPPC (1995), a través del Programa Nacional de Evaluación Genética, en donde la raza Duroc pese a tener consumos superiores de alimento con respecto a razas utilizadas para línea materna, como Yorkshire y/o Largewhite ($P < 0.05$), es superior en la ganancia diaria de peso (890 vs. 840 g/d), lo que finalmente le permite ser más eficiente en la transformación de alimento. La diferencia entre genotipos fue mostrada por Cisneros *et al.*, (1996), quien al comparar una línea de una Casa Genética vs una línea procedente de cruzamiento de hembras Yorkshire x Duroc con machos Hampshire encontró que la primera tenía mayor consumo de alimento y ganancia de peso ($P < 0.05$), con ganancias de tejido magro de 294 y 276 g/d respectivamente.

El genotipo cobra importancia dado que la tasa de deposición de tejido magro y la capacidad de consumo de alimento varía entre estos, como lo señala Stalhy *et al.*, (1991), quienes examinaron el impacto del consumo de lisina, cuyos niveles se alcanzaron ajustando la proteína, en tres líneas genéticas de cerdos castrados. Al incrementar la proteína se obtuvo una mejor ganancia de peso, eficiencia alimenticia y

deposición de proteína pero la magnitud de la respuesta fue en proporción con el potencial del crecimiento magro de los cerdos. En otro estudio Gu *et al.*, (1992), comparo 5 genotipos representativos de una muestra amplia de la genética existente a nivel comercial entre los productores de los Estados Unidos. La variación en el desempeño del crecimiento fue considerable; la ingestión de alimento varió en unos 220 g/día (aproximadamente 7%), la ganancia de peso vivo en más de 100 g/día (aproximadamente 11%) y la tasa de crecimiento magro en más de 60 g/día (aproximadamente un 19%). Lo que hace evidente que la dieta óptima para cubrir los requerimientos va a diferir con el genotipo, y a manera de ejemplo la necesidad de lisina para cubrir el requerimiento del genotipo 5 en estudio fue 25% superior con respecto a la de genotipo 4. Si uno también considera que es probable que disminuyan las tasas de crecimiento magro debido a una serie de agentes estresantes comunes que experimentan los animales en las granjas comerciales, habrá un beneficio obvio para adecuar las formulaciones de las dietas a la medida de los genotipos específicos y del sexo de los animales de las granjas.

Para una aplicación práctica en la aproximación del requerimiento de lisina digestible (a partir del cual se estiman los demás aminoácidos con base al patrón de Baker, 1997), se sugiere utilizar el modelo del NRC (1998). Sin embargo, es premisa conocer las desviación que existe en la deposición de tejido magro libre de grasa y el consumo de alimento de nuestra población. Para el calculo de la deposición de TMLG se requieren al menos 5 puntos a lo largo de la curva, contando con tres estimaciones reales y calculando el punto inicial a los 20 kg (Bark, 1967) y el final (120 kg, producto de la regresión de los puntos anteriores). Datos suficientes para construir la ecuación cúbica particular a la población, que solicita el modelo del NRC (NRC,1998 ; Apéndice 4), como se muestra en el Cuadro 10. Para la construcción de las ecuaciones se probaron diferentes puntos de la estimación de TMLG a lo largo de la curva, seleccionando aquellos que mejor describieran a la variable, lo que originó que la GDTM particularmente fuera menor en los machos castrados, dado que se tuvieron que eliminar valores del extremo superior.

Cuando se estructuraron las etapas de cambio de alimento en el periodo de crecimiento-finalización, las diferencias en el requerimiento de lisina digestible verdadera a nivel ileal (calculada como aquella requerida para la mitad de la etapa), cuando se calcularon con la curva de NRC (1998) ó la curva propia de la población en estudio se deben a dos cosas:

a) **Diferencias en el consumo de alimento.** El modelo del NRC (1998) estima el consumo, a diferencia de la curva propia, en donde el consumo es medido en el comedero lo que nos permite conocer y manejar la desviación existente. Tales diferencias en consumo se manifiestan con mayor intensidad a medida que los cerdos tienen un mayor peso (10% de diferencia del estimado vs el medido), con lo que se confirma que al utilizar el consumo estimado se incurriría en un subaporte de lo estimado como el requerimiento para esta población.

b) **Diferencias en las pendientes de la ecuaciones que describen a la GDTM.** El valor de estimar la deposición de TMLG en nuestra población es que no solo conocemos la ganancia de tejido magro libre de grasa, sino que también conocemos la pendiente de la curva.

Para el caso de la hembras de la población en estudio la deposición de TMLG es muy similar a la propuesta por el modelo del NRC (1998) por lo que se las diferencias en el requerimiento reportado por ambas ecuaciones se debe al consumo diario de alimento (Cuadro 10). Sin embargo, en el caso de los machos castrados las pendientes de deposición se toman diferentes, siendo superior la GDTM cuando se utiliza la ecuación propia de la población, que aunado a un consumo inferior de alimento vs. el estimado por NRC, explican las diferencias en el requerimiento calculado con ambas ecuaciones.

Dada la alta similitud que existe tanto en la cantidad de TMLG depositado entre los machos castrados y las hembras hasta antes de los 50 kg. se sugiere utilizar una dieta en común (Batterham *et al.*, 1985; Yen *et al.*, 1986; Campbell *et al.*, 1988); pero

EXPERIMENTO 3.

Es importante aclarar que en el experimento se denominó a los dos niveles de proteína como Bajo y Alto, refiriéndose a las fluctuaciones normales por efecto de formulación; que es diferente de la denominación nivel Bajo y Alto utilizado en otros estudios donde se evalúa la posibilidad de disminuir el contenido de proteína en la dieta, suplementando con aminoácidos cristalinos.

Diversos experimentos han demostrado que incrementando el nivel de proteína cruda en la dieta desde niveles marginales hasta aquellos por arriba del requerimiento resultará en un comportamiento cuadrático en el comportamiento productivo observándose un efecto negativo con los niveles más altos de proteína (Jensen *et al.*, 1955; Speer *et al.*, 1957; Cook *et al.*, 1972; Campbell y King., 1982; Tyler *et al.*, 1983; Campbell *et al.*, 1984, Hansen y Lewis., 1993; Friesen *et al.*, 1994; Chen *et al.*, 1995; Cline *et al.*, 1995). Los datos obtenidos en el presente trabajo muestran claramente que dependiendo del nivel de proteína y de la relación que la lisina mantenga con la proteína será el comportamiento animal.

Los machos castrados y las hembras como tal tienen diferente comportamiento productivo como lo muestra una revisión realizada por Kerr (1993) y Cromwell *et al.*, (1994), coincidiendo con lo encontrado en el presente estudio en donde los machos castrados comieron más alimento y ganaron más peso que las hembras, con una diferencia superior del 10% para los primeros, lo que debe ser tomado en cuenta cuando se diseñan programas de alimentación por sexo. No se encontró diferencia en la eficiencia alimenticia, atribuida a que tanto deficiencias o excesos en el aporte de proteína: aminoácidos presentes en el experimento tuvieron un efecto negativo mayor sobre las hembras, lo que limitó la expresión de su máximo potencial .

El efecto negativo de aumentar el nivel de proteína en la dieta, sobre la GDP y la EA se debe al incremento calórico que se origina por el catabolismo de los

aminoácidos en exceso. Noblet *et al.*, (1987) reportó que para depositar la misma energía en cerdos en crecimiento se requiere de 0.8% más de energía metabolizable por el incremento del 1% de proteína cruda en la dieta; lo que resulta crítico en el caso de las hembras ya que al consumir menor alimento disponen de una cantidad menor de energía para sustentar una mayor deposición de tejido magro (como % de la ganancia de peso) . Como lo muestra el trabajo realizado por Cuarón *et al.* (2000), quienes al incrementar en un 2% la PC y 15% más la lisina digestible sobre la dieta convencional, provocaron una reducción del CDA de 75 g y 25 g menos de GDP. Pero fue aparente que los efectos de un exceso de proteína fueron mayores en las hembras, por que tuvieron una GDTM más pobre (7%), con una reducción significativa en la capa de la grasa dorsal (15%). En contraste los machos parecieron no verse afectados, quizá por que su capacidad de consumo fue mayor y por lo tanto fueron menos dependientes de energía. La interacción sexo por tratamiento fue evidente en la grasa dorsal: las hembras buscaron mantener la deposición de proteína y desviaron el uso de la energía de la síntesis de grasa.

La no diferencia en la deposición de GDT y el AOCH difiere de lo reportado usualmente en otros trabajos (Wagner *et al.*, 1963; Bereskin y Davey, 1976; Tyler *et al.*, 1983; Hanse and Lewis., 1993; Chen *et al.*, 1995; Chen *et al.*, 1999), donde los machos depositan una mayor cantidad de grasa dorsal y una menor área del ojo de la chuleta, pudiendo explicarse por el bajo número de observaciones para cada uno de los 6 tratamientos (n=4 para el efecto de sexo * tratamiento), ya que en el experimento 2, cuando se contó con 24 unidades experimentales para el efecto de sexo, se manifestaron las diferencias.

En el presente estudio el nivel de proteína no tuvo un efecto sobre la variables de comportamiento productivo global (CDA y GDP), excepto para la eficiencia alimenticia, ya que los dos niveles de proteína (13.5 vs 15.5 % de PC) caen dentro del rango estimado como suficientes para cubrir el requerimiento de las dos primeras variables, no siendo así para el caso de la eficiencia alimenticia donde el aporte de

proteína alto permitió un mejor desempeño, como lo demuestra el trabajo realizado por Braña y Cuarón (1994).

El efecto de incrementar el nivel de proteína en la dieta sobre las características de la canal esta ampliamente documentado en diferentes trabajos (Wagner *et al.*, 1963; Bereskin and Davey, 1976; Tyler *et al.*, 1983; Hanse and Lewis., 1993; Chen *et al.*, 1995; Chen *et al.*, 1999), lo que coincide con el presente estudio en el que los cerdos que consumieron el nivel alto de proteína expresaron una menor deposición de GDT sobre la línea media , una mayor superficie del AOCCH , y un mayor porcentaje de tejido magro libre de grasa y de cortes primarios.

La relación de LYS:PC del 5% tuvo un comportamiento inferior con respecto a la del 5.8 y 6.6% para la variable eficiencia alimenticia en la etapa de crecimiento, lo que se explica por el hecho de que a un mismo consumo de alimento con relación de LYS:PC del 5% no es posible cubrir el requerimiento para esta variable, lo que si sucedió con las otras dos relaciones. Al contrastar el consumo de lisina digerible verdadera, que en la etapa de crecimiento fue de 14.18, 16.15 y 18.33 g/d para cada una de las relaciones de LYS:PC con el consumo del aminoácido recomendado por el NRC (1998), de 15.3 g/d confirmamos que con la relación inferior no se alcanza a cubrir el requerimiento.

La interacción entre el nivel alto de proteína con la relación del 6.6 % de lisina, tanto en la etapa de crecimiento como en la global sobre el CDA ($P < 0.07$), obedece al mayor aporte de nitrógeno con estas dietas y a que el aporte de los aminoácidos limitantes para la síntesis de proteína excedieron el requerimiento como lo demuestra el análisis de los puntos de inflexión de los efectos cuadráticos encontrados, donde la concentración idónea de lisina es del 5.8 al 6% de la proteína. Al eliminar los excesos de nitrógeno se produce calor (Just *et al.*, 1982), lo que actuará en detrimento del consumo voluntario de alimento como se discutió anteriormente.

Para el caso de la GDP la interacción LYS:PC: se encontró en el nivel bajo de la PC con la relación del 5% y en el nivel alto de proteína con la relación 6.6% ($P < 0.07$). La menor GDP en el nivel bajo de proteína (LYS:PC 5%) sugiere un aporte inadecuado de estos nutrientes en la dieta, lo que se corrobora al calcular el consumo de lisina total por día que solo llega a 16 g. y que coincide con el consumo del trabajo realizado por Campbell *et al.*, (1990), quienes señalan que cuando el aporte de la dieta es deficiente como es el caso de este tratamiento, el comportamiento productivo va a estar limitado por la cantidad de lisina ingerida. Ahora bien, esto puede ser independiente del consumo de energía. El efecto detrimental de un inadecuado aporte de lisina sobre la GDP y la GDTM en cerdos en crecimiento se muestra en el trabajo realizado por Henry *et al.*, (1992), quien al incrementar el nivel de lisina total en la dieta de machos castrados y hembras (42 a 100 kg de PV) de un 0.55 a un 0.65 % de la dieta mejoró la GDP ($P < 0.01$) y la GDTM ($P < 0.05$). En un estudio posterior Tuiotek *et al.*, (1997), al trabajar con tres niveles de proteína en el crecimiento (16, 15 y 13 con 0.65% de lisina digestible aparente) y finalización de cerdos (14.2 12.8 y 11% con 0.55% de lisina digestible aparente) encontró una respuesta inferior en la GDP y la EA ($P < 0.06$) en la etapa de finalización cuando los cerdos fueron alimentados con el nivel del 11% de proteína cruda, con un consumo de 14 gr. de lisina ileal aparente, lo que coincide con los 14.65 gr. de lisina ileal aparente calculada, consumida para la relación de 5% en el nivel bajo de proteína.

La diferencias en la GDP y la EA reportadas por Tuiotek *et al.*, (1997) para el nivel del 11% de proteína, provocaron cambios en la composición corporal de los cerdos semejantes a lo encontrado en el presente estudio, manifestándose por una menor superficie de AOCH como una estimación de la deposición de tejido magro libre de grasa, y una menor cantidad de tejido magro libre de grasa (kg) y de cortes primarios (kg), que son inferiores cuando se les compara con lo calculado para la relación LYS:PC del 6.6% en el nivel bajo de proteína. Corroborando que no se cubrió el requerimiento para la máxima deposición de magro, el cual es más alto que el sugerido para maximizar las variables de comportamiento (Brown *et al.*, 1973;

Robbins *et al.*, 1979; Zimmerman, 1980; Yen *et al.*, 1986; Cromwell *et al.*, 1993; Cline *et al.*, 2000).

Que la dieta con el nivel superior de Proteína (LYS:PC 6.6%) tuviera una GDP menor se describe como una respuesta cuadrática (Ecuación: $Y = -0.35 + 0.225(X) - 0.019(X^2)$), efecto del exceso en la provisión de aminoácidos como lo han descrito Cromwell, 1993; Chen *et al.*, 1999; y Cline *et al.*, 2000. Al calcular la primera derivada de dicha ecuación se observa que el punto de inflexión está en la relación de 5.9% de lisina con respecto al nivel de proteína cruda.

Por otro lado existe poca investigación (Cook *et al.*, 1972; Campbell y King, 1982; Tyler *et al.*, 1983; Campbell *et al.*, 1984; Hansen y Lewis, 1993; Friesen *et al.*, 1994; Chen *et al.*, 1995 y Cline *et al.*, 1995) que examine el efecto de niveles altos de proteína: lisina en la dieta de machos castrados y hembras. En el presente estudio, como en el Experimento 1 del trabajo de Chen *et al.*, (1999), no se encontró interacción entre el nivel de proteína y el sexo, sin embargo éste último señala una mayor reducción del CDA y de la GDP en las hembras con respecto a los machos cuando se alimentaron con dietas altas en proteína en el Experimento 2. Dado que los machos castrados tienen un requerimiento menor de proteína: aminoácidos se asumía que el efecto de excesos de proteína: aminoácidos sería mayor que en las hembras.

La adaptación de los cerdos a altos consumos de proteína involucra profundas alteraciones fisiológicas y metabólicas, manifestándose como un mayor peso del hígado, riñón y páncreas. La circulación sanguínea a través del sistema porta a hígado consumen del 40 al 50 % de energía para mantenimiento. Asumiendo un incremento en el peso de éstos órganos, se incrementan las demandas de energía para el mantenimiento, provocando una reducción de la energía disponible para la deposición de grasa y la necesaria para la deposición de tejido magro. El decremento de la energía disponible para el crecimiento quizá sea la causa de la disminución de la

grasa dorsal cuando se provocan excesos de proteína: aminoácidos en la dieta. Lo que apoya indirectamente lo enunciado por otros autores (Noblet *et al.*, 1987; Kerr *et al.*, 1995), quienes señalan un posible incremento calórico (requerimiento de energía para mantenimiento) en machos y hembras como respuesta a incrementos de proteína en la dieta.

En el experimento 2, del trabajo de Chen *et al.*, (1999), el peso del hígado y el riñón de los machos castrados fue menor, a pesar de que mostraron mayores consumos de proteína, lo que les permite tener una demanda menor de energía para mantenimiento, lo que quizá explique las diferencias en la respuesta a niveles crecientes de proteína en la dieta.

Al incrementar el peso de los órganos la producción de enzimas se incrementa para tratar de metabolizar las altas cantidades de nitrógeno. La concentración de urea en plasma y la actividad de arginasa se incrementan ante niveles crecientes de proteína (Rosebrough *et al.*, 1987; Fox *et al.*, 1988; Chen *et al.*, 1995 y 1999). Sin embargo tales cambios son menores en hembras que en machos, lo que permite a estos últimos una mejor adaptación a dietas altas en proteína al convertir los productos tóxicos de la desaminación en urea, capacidad que es más reducida en las hembras, las que se tienen que adaptar reduciendo el consumo diario de alimento y la ganancia diaria de peso como posiblemente sucedió en el nivel alto de proteína con la relación del 6.6 % de proteína; tomándose más drástico cuando consideramos que el consumo de alimento (y por tanto de energía) es menor en las hembras que además tienen que soportar una deposición persistente de TMLG en la curva de crecimiento como se muestra al construir las curvas de crecimiento en el experimento 2.

CONCLUSIONES.

En la formulación de alimentos para cerdos en crecimiento-finalización es necesario imponer rangos en el nivel de proteína (mínimo y máximo) una vez que se ha calculado el requerimiento de lisina. La mejor relación lisina: proteína puede considerarse como aquella encontrada en el punto de inflexión para la variable que sea de nuestro interés, los límites se impondrían utilizando la desviación estándar asociada a ésta.

Al establecer un perfil de Proteína ideal las deficiencias o excesos serán siempre y primero las del primer aminoácido limitante. Las consecuencias (de la deficiencia o el exceso) serán más severas por que arrastra al resto de los aminoácidos. Por ejemplo, si en la relación 5% de LYS:PC se sospecha de una deficiencia en el aporte de lisina, también los hubo en los de treonina, triptófano y metionina + cistina, cuando se les compara con lo recomendado por el NRC (1998).

Se pueden mejorar la eficiencia y provocar menos daño al ambiente si se previenen excesos de proteína y se satisfacen las demandas de los aminoácidos limitantes con fuentes cristalinas (aclarando que no estamos recomendando el uso como tal de dietas bajas en proteína). La propuesta es formular a un mínimo del aminoácido limitante, lo que asegura los menores excesos sin interferir negativamente en la productividad animal.

Cuadro 1.
PATRON IDEAL DE AMINOACIDOS DIGESTIBLES.

EN RELACION A LA LISINA, %

Aminoácido	Baker, 1997.		
	5-20 kg	20-50 kg	50 + kg
Lisina	100	100	100
Treonina	65	67	70
Triptófano	18	19	20
Metionina	30	30	30
Metionina + Cistina	60	62	65
Isoleucina	60	60	60
Valina	68	68	68
Leucina	100	100	100
Fenilalanina + Tirosina	95	95	95
Arginina	42	36	30
Histidina	32	32	32

Nd = no determinado

Cuadro 2.
DIETAS EXPERIMENTALES.
EXPERIMENTO 1 Y 2.

INGREDIENTES	PROTEINA CRUDA EN LA DIETA. %			
	12	16	18	21
BORGO MOLIDO (9 % PC)	820.67	749.65	679.68	609.69
PASTA DE SOYA (46 % PC)	73.41	126.76	181.45	234.13
SEBO	31.10	34.96	39.07	43.18
H. PLUMA Y SANGRE	8.59	20.93	34.58	48.23
MELAZA	30.00	30.00	30.00	30.00
DIFOSFATO DE CALCIO	13.65	13.41	13.19	12.96
CARBONATO DE CALCIO	7.74	7.36	6.99	6.62
SAL YODADA	4.00	4.00	4.00	4.00
L-LISINA.HCL	3.75	3.74	3.79	3.85
L-TREONINA	1.34	1.44	1.52	1.6
PREMEZCLA MINERAL*	3.50	3.50	3.50	3.50
PREMEZCLA VITAMINICA **	1.00	1.00	1.00	1.00
ANTIBIOTICO	1.25	1.25	1.25	1.25
E.M. (Mcal/kg)	3.250	3.250	3.250	3.250
Proteina Cruda %	12.00	15.00	18.00	21.00
Analizada	11.80	14.80	17.70	20.70
	Total	Total	Total	Total
Lisina%	0.718	0.896	1.075	1.254
Treonina%	0.529	0.662	0.794	0.926
Triptófano%	0.133	0.167	0.200	0.233
Metionina + Cistina%	0.457	0.573	0.692	0.812
Arginina%	0.518	0.700	0.864	1.068
Histidina%	0.273	0.342	0.409	0.476
Isoleucina%	0.500	0.645	0.790	0.936
Leucina%	1.285	1.495	1.706	1.917
Valina%	0.577	0.753	0.933	1.122
Fenilalanina + tirosina	0.982	1.230	1.475	1.721
Dig. ileal verdadera				
Lisina Digestible%	0.609	0.763	0.919	1.075
Treonina Digestible	0.426	0.531	0.635	0.738
Triptófano Digestible%	0.100	0.128	0.156	0.184

*Cada kg de premezcla mineral aportó: Se de selenito de sodio, 25 mg; I de yoduro de potasio, 100 mg; Cu de sulfato cúprico, 2.2 g; Mg de óxido de magnesio, 2.7 g; Mn de sulfato de manganeso, 5.71 g; Fe de sulfato de fierro, 25.5 g; Zn de sulfato de zinc, 28.5 g; Co de carbonato de Cobalto, 215 g.

** Cada kg de premezcla vitamínica aportó: A, 3,000,000 U.I.; D3, 330,000 U.I.; E DL tocoferol, 50,000 U.I.; B12 cianocobalamina, 0.018 mg; riboflavina, 1.1 g; pantotenato de calcio, 6.57 g; niacina, 27 g; hidrocloreuro de colina, 175 g.

Cuadro 3.
EXPERIMENTO 3.
CERDOS EN CRECIMIENTO 25-65 KG DE PESO.

INGREDIENTES	NIVEL BAJO DE PROTEINA						NIVEL ALTO DE PROTEINA					
	14.7 %						16.7%					
	5.0		5.8		6.6		5.0		5.8		6.6	
SORGO MOLIDO (9 % PC)	664.55		664.55		664.55		610.05		610.05		610.05	
PASTA DE SOYA (48 % PC)	136.56		136.56		136.56		192.13		192.13		192.13	
HARINA DE CARNE	40.69		40.69		40.69		39.42		39.42		39.42	
SEBO DE RES	44.86		44.86		44.86		45.72		45.72		45.72	
MELAZA DE CAÑA	83.04		83.04		83.04		83.04		83.04		83.04	
FOSFATO CALCICO	10.84		10.84		10.84		10.85		10.85		10.85	
L-ACIDO GLUTÁMICO	7.12		3.97		0.83		7.00		3.47		-----	
SAL (NaCl)	3.60		3.60		3.60		3.60		3.60		3.60	
PREMEZCLA MINERAL	3.50		3.50		3.50		3.50		3.50		3.50	
PREMEZCLA VITAMINICA	2.00		2.00		2.00		2.00		2.00		2.00	
L-LISINA.HCL	1.51		3.02		4.53		0.979		2.69		4.40	
L-TREONINA	0.897		1.51		2.31		0.680		1.60		2.52	
DL-METIONINA	-----		0.830		1.65		0.051		0.990		1.93	
AUROFAC -200	1.00		1.00		1.00		1.00		1.00		1.00	
E.M. (Mcal/kg)	3.230		3.230		3.230		3.230		3.230		3.230	
Calcio %	0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		0.75	
Fósforo %	0.65		0.65		0.65		0.65		0.65		0.65	
	Total	Relación	Total	Relación	Total	Relación	Total	Relación	Total	Relación	Total	Relación
Lisina%	0.735	100	0.853	100	0.97	100	0.635	100	0.97	100	1.102	100
Treonina%	0.543	74	0.624	73	0.70	72	0.619	74	0.71	73	0.80	72.5
Triptófano%	0.162	22	0.162	19	0.162	0.17	0.191	23	0.191	19.5	0.191	17.5
Metionina + Cistina%	0.480	65	0.56148	65	0.641	66	0.536	64	0.63	65	0.72	65
Arginina%	0.625	85	0.625	73	0.625	64	0.724	87	0.724	75	0.724	66
Histidina%	0.331	45	0.331	39	0.331	34	0.387	46	0.387	40	0.387	35
Isoleucina%	0.593	80	0.593	70	0.593	61	0.693	83	0.693	71	0.693	63
Leucina%	1.37718	167	1.37718	161	1.37718	142	1.516	181	1.516	156	1.516	138
Valina%	0.671	91	0.671	79	0.671	69	0.769	92	0.769	79	0.769	72
Fenilalanina + tirosina	1.146	156	1.146	134	1.146	118	1.324	158	1.324	136	1.324	120
Dia. Ireal verdadera												
Lisina Digestible%	0.625	100	0.742	100	0.86	100	0.710	100	0.843	100	0.96	100
Treonina Digestible	0.422	67.5	0.50	67.5	0.58	67.5	0.48	67.5	0.57	67.5	0.66	67.5

*Cada kg de premezcla mineral aportó: Se de selenito de sodio, 25 mg; I de yoduro de potasio, 100 mg; Cu de sulfato cúprico, 2.2 g; Mg de óxido de magnesio, 2.7 g; Mn de sulfato de manganeso, 5.71 g; Fe de sulfato de hierro, 25.5 g; Zn de sulfato de zinc, 28.5 g; Co de carbonato de Cobalto, 215 g.

** Cada kg de premezcla vitamínica aportó: A, 3,000,000 U.I.; D3, 330,000 U.I.; E DL tocoferol, 50,000 U.I.; B12 cianocobalamina, 0.018 mg; riboflavina, 1.1 g; pantotenato de calcio, 6.57 g; niacina, 27 g; hidrocloreuro de colina, 175 g.

Cuadro 4.
EXPERIMENTO 3.
CERDOS EN FINALIZACION 65 KG DE PESO A MERCADO.

INGREDIENTES	NIVEL BAJO DE PROTEINA						NIVEL ALTO DE PROTEINA					
	13.5 %						15.5%					
	5.0		5.8		6.6		5.0		5.8		6.6	
SORGO MOLIDO (9 % PC)	799.26	807.19	813.28	737.52	751.65	758.94						
PASTA DE SOYA (48 % PC)	99.74	87.64	76.86	144.44	143.22	128.70						
HARINA DE CARNE	38.00	36.29	34.91	34.68	34.98	35.18						
MELAZA DE CAÑA	31.14	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00						
SEBO DE RES	14.84	15.42	16.54	23.52	16.90	16.27						
CARBADOX 1.1%	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00						
SAL (NaCl)	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60						
FOSFATO CALCICO	2.31	2.38	2.76	2.63	2.39	2.51						
L-ACIDO GLUTÁMICO	-----	-----	-----	10.43	-----	-----						
PREMEZCLA MINERAL	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50						
PREMEZCLA VITAMINICA	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00						
L-LISINA.HCL	1.725	1.805	1.96	1.84	1.675	1.796						
L-TREONINA	0.725	1.684	2.62	0.89	1.752	2.846						
DL-METIONINA	-----	0.511	1.45	0.173	0.772	1.865						
L-TRIPTOSINE	0.158	3.000	5.718	-----	2.551	5.822						
E.M. (Kcal/Kg)	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200						
Calcio %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50						
Fósforo %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47						
	Total	Relación	Total	Relación	Total	Relación	Total	Relación	Total	Relación	Total	Relación
Lisina%	0.675	100	0.783	100	0.891	100	0.775	100	0.899	100	1.023	100
Treonina%	0.518	76	0.593	76	0.667	75	0.589	76	0.677	75	0.763	75
Triptófano%	0.152	22.5	0.174	22	0.194	22	0.173	22.5	0.199	22	0.223	22
Metionina + Cistina%	0.477	70	0.510	65	0.580	65	0.527	68	0.584	65	0.665	65
Isoleucina%	0.56	83	0.533	68	0.510	57	0.630	81	0.633	70	0.604	69
Leucina%	1.388	205	1.351	172	1.314	148	1.478	190	1.488	166	1.444	141
Valina%	0.839	95	0.617	78	0.596	67	0.708	91	0.714	79	0.689	67
Fenilalanina + tirosina	1.093	162	1.051	134	1.000	112	1.221	158	1.228	137	1.175	115
Dia. ileal verdadera												
Lisina Digestible%	0.576	100	0.689	100	0.802	100	0.660	100	0.784	100	0.914	100
Treonina Digestible	0.401	70	0.482	70	0.560	70	0.461	70	0.548	70	0.639	70
Triptófano Digestible%	0.115	20	0.138	20	0.160	20	0.131	20	0.157	20	0.183	20

*Cada kg de premezcla mineral aportó: Se de selenito de sodio, 25 mg; I de yoduro de potasio, 100 mg; Cu de sulfato cúprico, 2.2 g; Mg de óxido de magnesio, 2.7 g; Mn de sulfato de manganeso, 5.71 g; Fe de sulfato de fierro, 25.5 g; Zn de sulfato de zinc, 28.5 g; Co de carbonato de Cobalto, 215 g.

** Cada kg de premezcla vitamínica aportó: A, 3,000,000 U.I.; D3, 330,000 U.I.; E DL tocoferol, 50,000 U.I.; B12 cianocobalamina, 0.018 mg; riboflavina, 1.1 g; pantotenato de calcio, 6.57 g; niacina, 27 g; hidrocloreto de colina, 175 g.

Cuadro 5.
PRUEBA DE RETENCION DE NITROGENO.
MACHOS CASTRADOS

VARIABLE	PROTEINA EN LA DIETA.				EEM
	12%	15%	18%	21%	
nitrogeno g/d					
Consumido ^a	43.94	53.97	62.02	72.55	0.972
Fecal ^a	12.05	13.31	15.08	15.06	0.799
Urinario ^a	12.30	19.37	25.73	32.77	0.673
Retenido ^a	18.58	21.29	21.21	24.73	1.207
Digestibilidad, % ^a	71.85	75.34	75.70	79.30	1.081
Urinario, % del consumido ^a	28.65	35.91	41.58	45.21	1.304
Retenido, % del consumido ^a	43.20	39.43	34.12	34.10	1.661
Retenido, % del digerido ^a	60.09	52.40	45.22	43.13	1.743
EM consumida, Mcal/d	7.41	7.31	6.98	7.01	---
EN en la orina, Mcal/d	0.09	0.14	0.18	0.24	---
Calor producido, Mcal/d	0.12	0.19	0.25	0.32	---
EN aparente, Mcal	7.19	6.98	6.54	6.45	---

EEM Error estándar de la media.

^a Respuesta lineal al nivel de Proteína (P<0.01)

Cuadro 6 . Valores de ganancia diaria de peso y de la deposición de tejido magro libre de grasa calculados a partir de la ecuación regresión lineal para éstas variables para los efectos de sexo y de Raza del padre.

Comportamiento	SEXO		RAZA DEL PADRE	
	Machos castrados	Hembras	Landrace	Duroc
Ganancia diaria total (70 -168 d), g	823	696	690	800
Ganancia de tejido magro libre de grasa, g	296	282	255	312
Ganancia de tejido magro libre de grasa como % de la ganancia diaria de peso.	35.97	40.52	36.97	39.00

Cuadro 7 . Datos de comportamiento animal, grasa dorsal y área del ojo de la chuleta para sexo.

Comportamiento	SEXO		EEM
	Machos C	Hembras	
Peso inicial, kg ^a	27.80	26.50	0.37
Peso a 120 d, kg	60.33	60.43	1.00
Peso final 168 d, kg	98.70	94.71	1.83
Ganancia diaria total (70 -168 d), g ^a	769	700	0.015
Consumo diario total (70 – 168), kg ^a	2.48	2.10	0.041
Eficiencia total (g/c) ^b	0.311	0.330	0.007
Valores a 168 días de edad			
Canal			
Rendimiento en canal, %	78.37	78.57	0.479
Grasa dorsal total línea media, cm ^a	3.24	2.63	0.111
Area del ojo de la chuleta, cm ² ^b	26.54	32.31	1.550
Tejido magro libre de grasa, kg	36.65	37.56	0.989
Tejido magro libre de grasa, % ^a	38.18	40.93	0.679
Cortes Primarios, kg	38.92	38.51	0.752
Cortes Primarios, % ^a	51.73	53.51	0.435

^a Hembras vs Machos castrados (P<0.01)

^b Hembras vs Machos castrados (P<0.05)

EEM Error estándar de la media.

Cuadro 8 . Datos de comportamiento animal, grasa dorsal y área del ojo de la chuleta por raza del padre.

Comportamiento	RAZA DEL PADRE		EEM
	Landrace	Duroc	
Peso inicial, kg	27.1	27.2	0.37
Peso a 120 d, kg ^b	58.78 a	62.0 b	1.00
Peso final 168 d, kg	96.21	97.2	1.83
Ganancia diaria total (70 -168 d), g ^b	707	762	0.015
Consumo diario total (70 – 168), kg	2.35	2.24	0.041
Eficiencia total (g/c) ^a	0.302	0.342	0.007
Valores a 168 días de edad			
Canal			
Rendimiento en canal, %	78.76	78.19	0.465
Grasa dorsal total línea media, cm ^a	3.29	2.58	0.101
Area del ojo de la chuleta, cm ²	28.27	30.59	1.41
Tejido magro libre de grasa, kg ^b	35.74	38.48	0.960
Tejido magro libre de grasa, %	38.7	40.4	0.659
Cortes Primarios, kg ^b	37.59	39.84	0.730
Cortes Primarios, % ^a	51.70	53.56	0.423

^a Raza del Padre Landrace vs. Raza del Padre Duroc (P<0.01)

^b Raza del Padre Landrace vs. Raza del Padre Duroc (P<0.06)

EEM Error estándar de la media.

Cuadro 9. Comparación entre la cantidad de cortes primarios y de cortes magros determinadas con la ecuación de predicción usando ultrasonido y los valores obtenidos al usar la Norma Mexicana y del NPPC.

Variable	Rendimiento Norma Mexicana o NPPC	Rendimiento Ultrasonido	Diferencia (%)	Correlación	P<
Cantidad de cortes primarios (kg)	38.65	39.00	1	0.89	0.0001
Cantidad de cortes Magros (kg)	42.90	36.79	- 16	0.75	0.0001

Cuadro 10. Estimación del requerimiento de lisina digestible mediante el uso del modelo del NRC, cuando se aporta la GDTM y se estima ó se mide el CDA.

	HEMBRAS (20-50 Kg)	HEMBRAS (50-80 Kg)	HEMBRAS (80-100 Kg)	MACHOS CASTRADOS (20-50 Kg)	MACHOS CASTRADOS (50-80 Kg)	MACHOS CASTRADOS (80-100 Kg)
Peso vivo en el que se calculó el requerimiento. Kg	35	65	90	35	65	90
Ganancia de tejido magro libre de grasa/etapa, g/día, estimado con la ecuación del modelo de NRC'1998.	279	307	289	243	267	252
Ganancia de tejido magro libre de grasa/etapa, g/día estimado con la ecuación de la población.	273	303	298	253	320	312
NRC'1998						
% Lisina digestible	0.75	0.63	0.53	0.63	0.48	0.41
Consumo estimado	1.82	2.41	2.75	1.91	2.76	3.18
Curva propia						
% Lisina digestible	0.78	0.66	0.61	0.68	0.59	0.54
Consumo medido	1.72	2.28	2.49	1.82	2.68	2.89
Diferencia en consumo medido vs. Estimado (%)	6	6	10	5	3	10
Machos castrados	$Y = 0.0447X^3 - 0.4834X^2 + 1.421X + 0.0413$ (R ² = 0.78) GDTM de 20 a 120 kg = 0.251 g.					
Hembras	$Y = 0.0228X^3 - 0.1733X^2 + 0.3421 + .8524$ (R ² = 0.88) GDTM de 20 a 120 kg = 0.288 g.					

Cuadro 11. Efecto del sexo sobre el comportamiento productivo y las características de la canal de cerdos en crecimiento y finalización.

	Machos Castrados	Hembras	EEM
Peso inicial, kg	25.80	24.50	0.510
Peso final, kg	102.0	99.6	1.085
Días en el Experimento, ^a	102.0	107.5	1.554
Comportamiento			
Ganancia diaria de peso, g ^a	769	705	0.017
Consumo diario de alimento kg ^a	2.49	2.25	0.049
Eficiencia alimenticia, G/C	0.31	0.30	0.005
Canal			
Rendimiento en canal, % ^a	81.47	83.09	0.397
Grasa dorsal total línea media, cm	3.21	3.11	0.105
Area del ojo de la chuleta, cm ²	30.37	31.90	1.063
Tejido magro libre de grasa, kg	40.12	40.12	0.678
Tejido magro libre de grasa, % ^a	40.0	42.1	0.498
Cortes Primarios, kg	41.82	41.38	0.428
Cortes Primarios, % ^a	51.23	53.00	0.271

^a Hembras vs Machos castrados (P<0.01).

EEM Error estándar de la media.

Cuadro 12 . Edad, peso inicial, peso en crecimiento, peso en finalización, consumo diarios de alimento, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia de cerdos utilizados en el experimento 3.

COMPORTAMIENTO	BAJO			ALTO			
Proteína cruda	14.7/13.5			16.7/15.5			
Lisina como% de PC	5.0	5.8	6.6	5.0	5.8	6.6	EEM
Peso inicial,kg a 70 día	24.84	24.98	25.55	25.69	25.23	25.23	0.82
Peso crecimiento,kg ^a	70.77	71.54	76.32	70.97	75.41	70.60	1.73
Peso a final,kg ^a	101.65	99.65	103.03	101.90	101.45	97.35	1.62
Edad, días	176	173	172	176	170	175	2.21
Días en el experimento	107	104	103	107	101	106	2.31
Crecimiento							
GDP, g ^a	691	703	775	694	762	688	0.027
CDA, kg ^a	2.19	2.03	2.25	2.07	2.13	1.94	0.080
G/C, kg ^b	0.32	0.35	0.35	0.34	0.36	0.36	0.010
Global							
GDP(70 -174 días), g ^c	726	734	773	732	766	691	0.026
CDA(70 -174 días),kg ^c	2.44	2.33	2.47	2.41	2.39	2.20	0.074
G/C (70 - 174 días)	0.30	0.31	0.31	0.30	0.32	0.32	0.008

EEM Error estándar de la media.

^a Proteína y LYS:PC Interactuaron, (P< 0.06).

^b Nivel de Proteína:16.7 a 15.5 fue superior (P<0.06).

Respuesta lineal a la relación LYS:PC (P<0.01).

^c Proteína y LYS:PC Interactuaron, (P< 0.07).

Cuadro 13. Características de la canal de cerdos utilizados en el experimento 3.

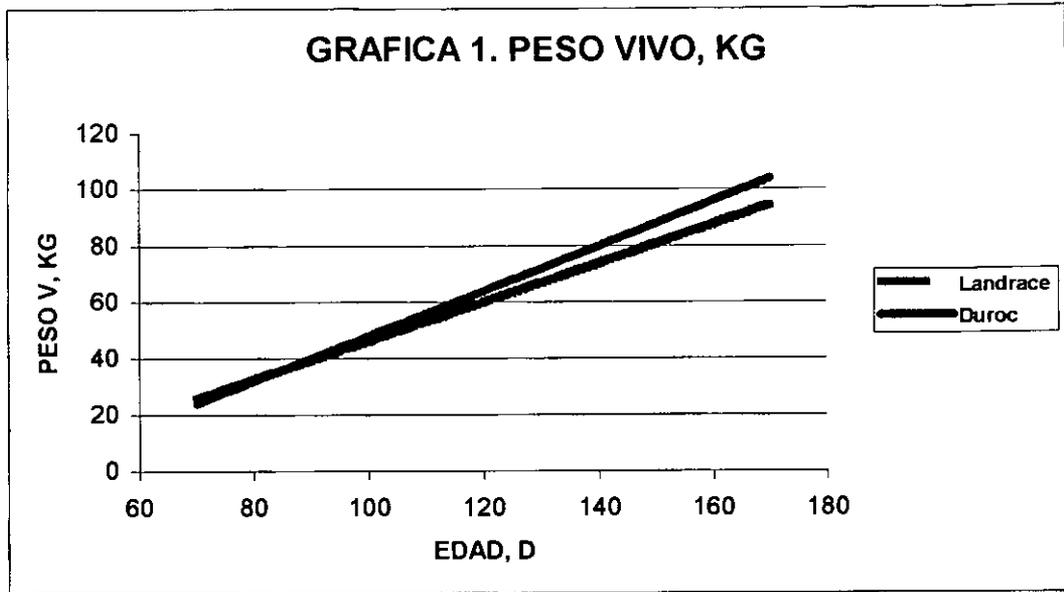
ORGANO	BAJO			ALTO			
Proteína cruda	14.7/13.5			16.7/15.5			
Lisina como % de PC	5.0	5.8	6.6	5.0	5.8	6.6	EEM
AOCH, cm ² ^{a,b}	27.87	31.85	30.11	34.16	30.05	32.77	1.62
GDT, cm ^b	3.32	3.27	3.28	2.93	2.98	3.2	0.162
RENDIMIENTO CANAL, %	82.10	82.20	82.1	81.97	82.50	82.84	0.616
TEJIDO MAGRO LIBRE DE GRASA, kg ^{a,b}	38.52	38.67	40.84	42.63	40.33	39.73	1.050
TEJIDO MAGRO LIBRE DE GRASA, % ^b	39.17	40.97	40.5	42.56	41.05	41.98	0.773
CORTES PRIMARIOS, kg ^a	41.36	39.98	42.39	42.81	42.39	40.70	0.665
CORTES PRIMARIOS, % ^b	51.29	51.49	51.32	52.15	52.36	52	0.420

EEM Error estándar de la media.

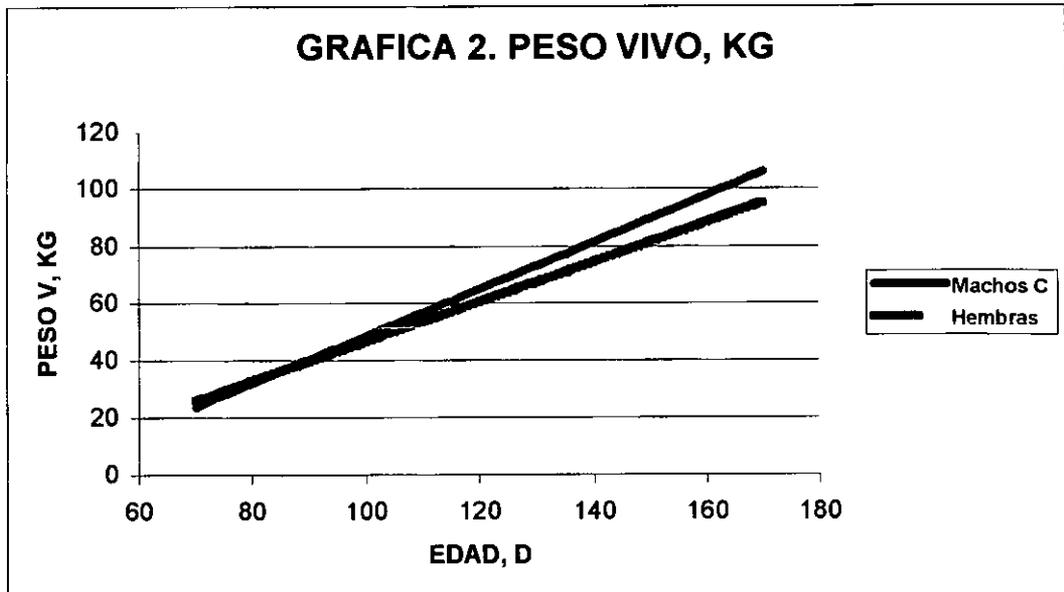
^a Proteína y LYS:PC interactuaron, (P< 0.05)

^b Nivel de Proteína:16.7 a 15.5 fue superior (P<0.07)

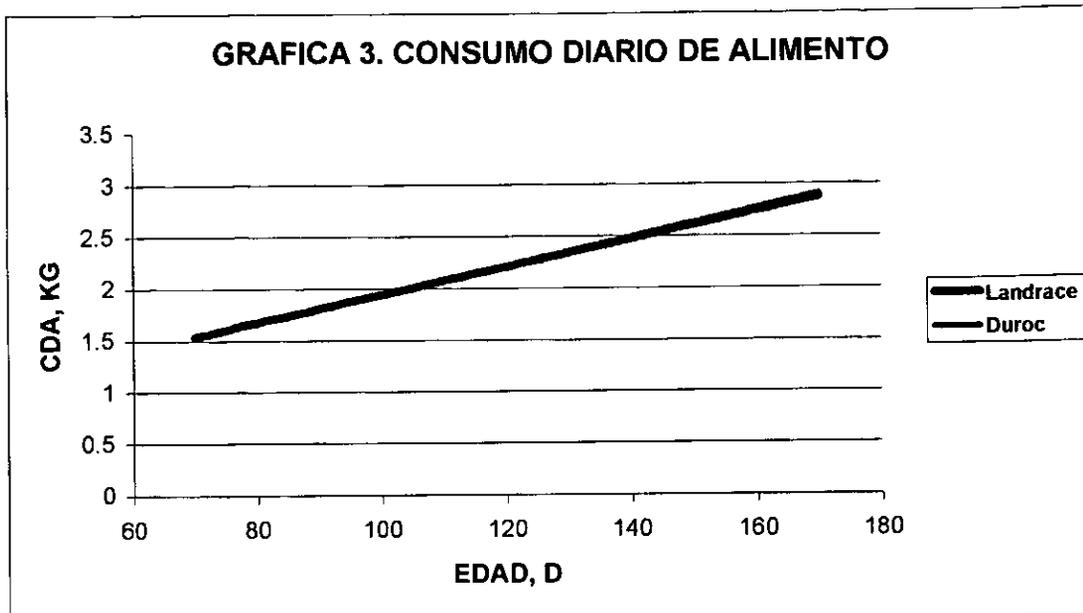
GRAFICAS



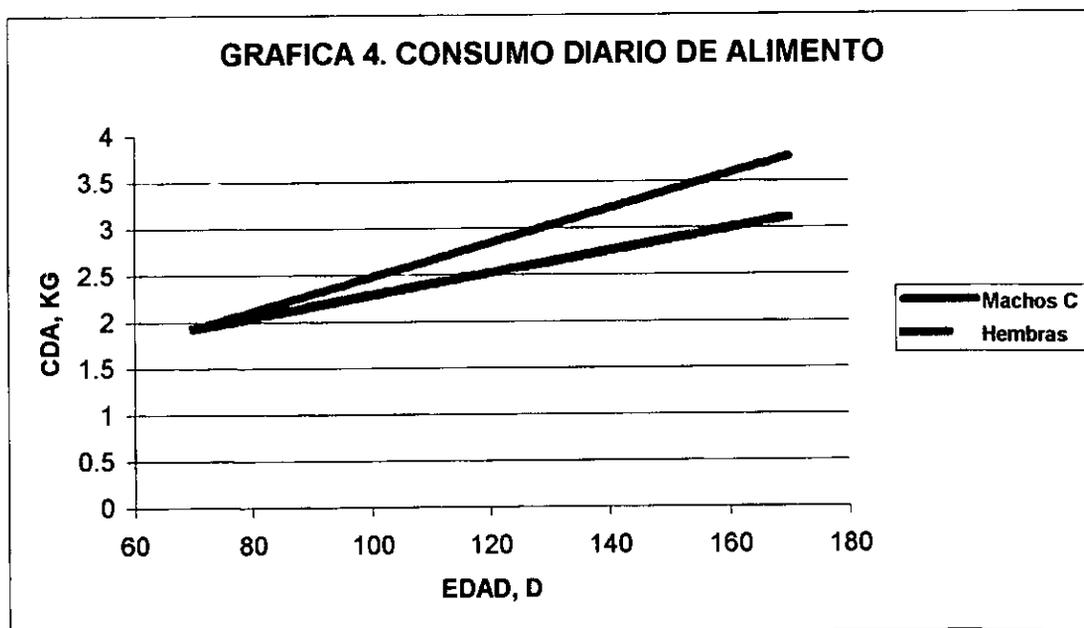
$$Y = -13.4495 + 0.5816 * \text{Edad} - 9.2641 * \text{Raza del padre} + 0.1098 * \text{Edad} * \text{Raza del Padre.}$$



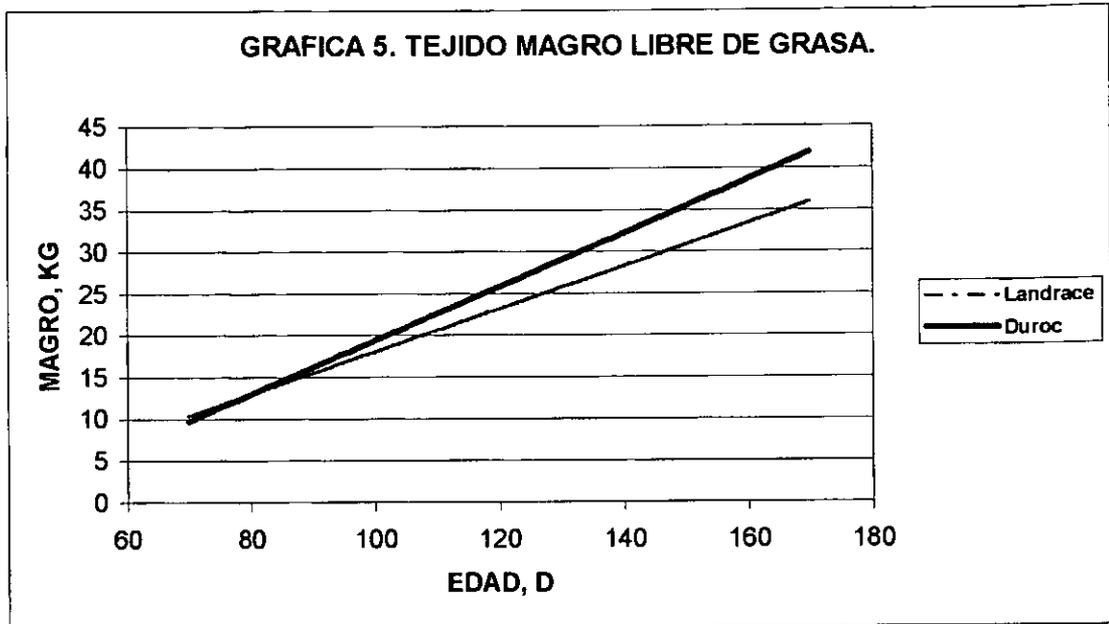
$$Y = -44.589 + 0.9472 * \text{Edad} + 10.88 * \text{Sexo} - 0.1269 * \text{Edad} * \text{Sexo.}$$



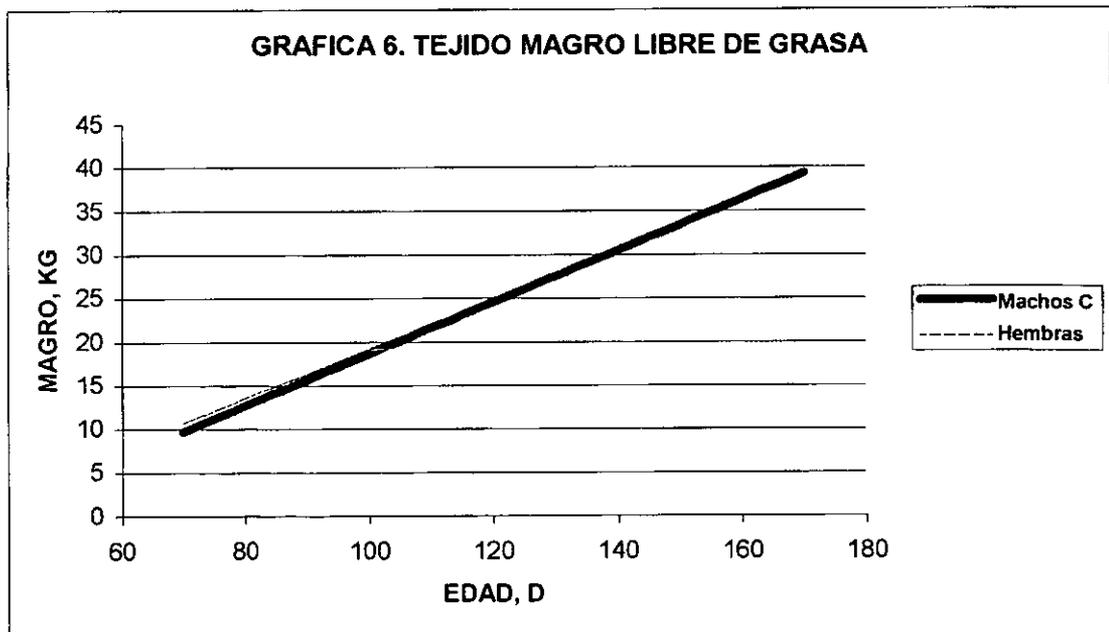
$$Y = -0.6437 + 0.0134 * \text{Edad} - 0.0376 * \text{Raza del padre} + 0.0004 * \text{Edad} * \text{Raza del Padre}.$$



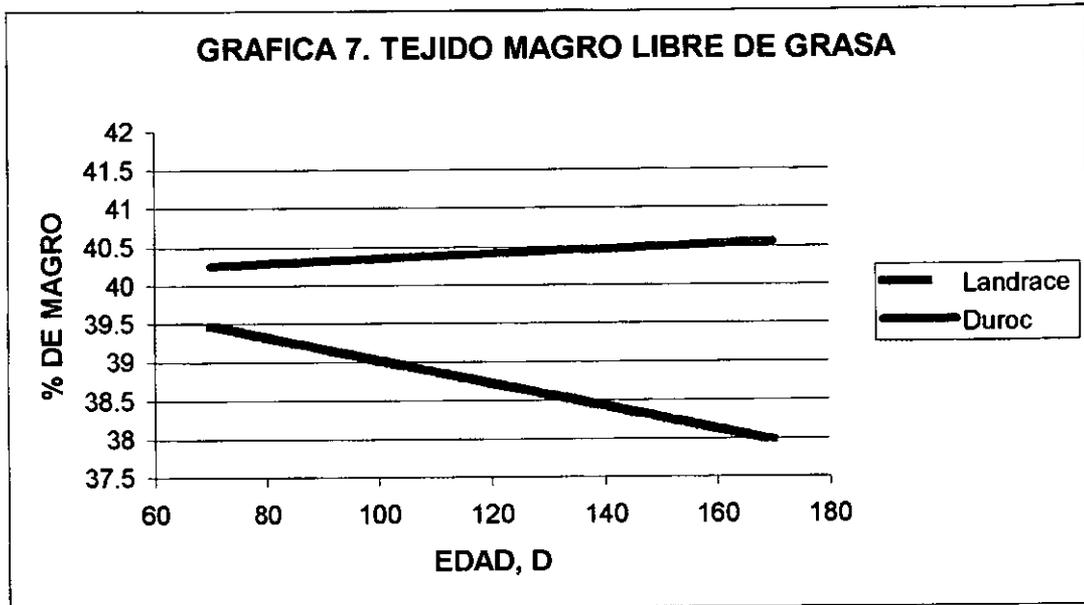
$$Y = -0.1732 + 0.0245 * \text{Edad} + 0.4587 * \text{Sexo} - 0.00648 * \text{Edad} * \text{Sexo}.$$



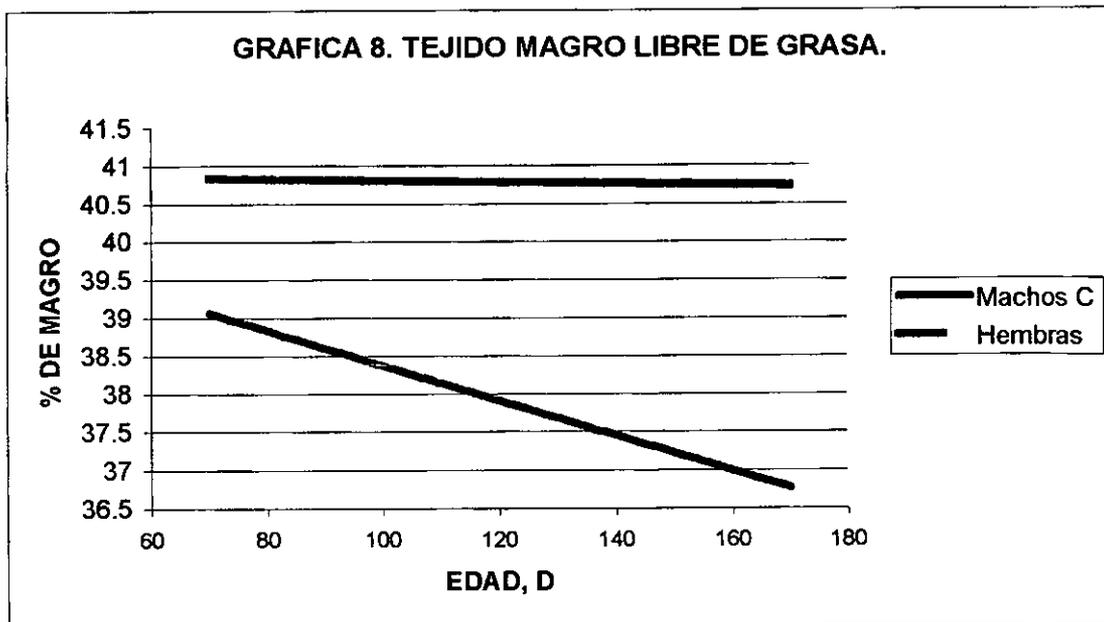
$$Y = -2.31 + 0.1902 \cdot \text{Edad} - 5.206 \cdot \text{Raza del padre} + 0.0656 \cdot \text{Edad} \cdot \text{Raza del Padre.}$$



$$Y = -12.916 + 0.3092 \cdot \text{Edad} + 1.9637 \cdot \text{Sexo} - 0.01445 \cdot \text{Edad} \cdot \text{Sexo.}$$



$$Y = -41.01 - 0.0331 \cdot \text{Edad} - 0.4873 \cdot \text{Raza del padre} + 0.0179 \cdot \text{Edad} \cdot \text{Raza del Padre}.$$



$$Y = 40.4369 - 0.045 \cdot \text{Edad} + 0.2335 \cdot \text{Sexo} + 0.02226 \cdot \text{Edad} \cdot \text{Sexo}.$$

BIBLIOGRAFIA.

1. Ellis M. Estimating Lean Growth in Pigs – On farm Growth Curves. Department of Animal Sciences. University of Illinois. Urbana IL. 1998.
2. Kerr BJ. Consideration in the use of crystalline amino acids in swine diets. (tesis de doctorado). Urbana (Illinois) USA: University of Illinois. 1988.
3. Mitchell HH. Comparative Nutrition of Man and Domestic Animals. Academic Press, New York, NY. 1964.
4. Agriculture Research Council. The Nutrient Requirements of Pigs. Commonwealth Agricultural Bureau, Slough, U.K. 1981.
5. Wang CT and Fuller FM. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. Rowett Research Institute. Bucksburn, Aberdeen. 1989.
6. Baker DH and Chung TK. Ideal protein for swine and poultry. Byokiyowa Technical Review-4, Byokiyowa Inc., St. Louis. 1992.
7. Wang CT and Fuller FM. The effect of the plane nutrition on the optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. *Animal Prod.* 1990. 50: 155.
8. Cuarón IJ. Criterios para un uso práctico del concepto de Proteína Ideal en la formulación de raciones. En: Temas de actualidad para la industria porcina. I.R. Balconi. Editor., Midia Relaciones, S.A. de C.V. México. 1996.
9. Mosenthin R, Sauer WC, Blank R, Huisman J, Fan MZ. The concept of digestible amino acid in diet formulation for pig. *Livestock Prod. Sci.* 2000. 64:265.
10. Boisen S, Hvelplund T, Weisbjerg MR. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. *Livestock Prod. Sci.* 2000. 64:239.
11. Just A, Fernandez JA, and Jorgensen P. Nitrogen balance studies and nitrogen retention. *Digestive Physiology in the Pig.* 2nd International Seminar Jouy-en-Josas, France, 1982. 111-122.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

12. Kerr BJ. Uso de los aminoácidos cristalinos en alimentos para cerdos y su impacto en la producción y el ambiente. Memorias del VI Congreso AMENA; 1993. Acapulco(Guerrero) México. Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal.
13. Tuitoek JK, Young LG, Lange CF, Kerr BJ. Body composition and protein and fat accretion in various body components in growing gilts fed diets with different protein levels but estimated to contain similar levels of ideal protein. J. Anim. Sci. 1997. 75:1584-1590.
14. Bikker P, Verstegen MW, Bosch MW. Amino acid of growing pigs is affected by protein and energy intake. 1994. J. Nutr. 124: 196.
15. Braña VD. Comparación de tres sistemas de formulación a proteínas y aminoácidos en dietas para cerdos. (tesis de licenciatura). Ciudad de México (Distrito Federal) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 1994.
16. National Research Council. Nutrient Requirements of Swine. 1998. Tenth Edition. USA.
17. National Pork Producers Council. Procedures to Evaluate Marketing Hogs. 1988. Illinois U.S.A.
18. National Pork Producers Council. Fat Free Lean Prediction Equations. 1999. Illinois U.S.A.
19. Schinckel AP, Einstein E. Development of maximum commercially achievable curves and amino acid requirements. Annual Meeting American Association of Swine Practitioners. 1995. Nebraska. USA.
20. Mejía GC, Montaña BM, Velásquez MA, Cuarón IJ. Estimación in vivo del rendimiento de las canales porcinas Mediante ultrasonografía. Téc. Pecu. Méx. 1999. 37(2) 31-38 pp.
21. Cisneros F, Ellis M, Miller KD, Novakofski J, Wilson ER, Mckeit FK. Comparison of transverse and longitudinal real-time ultrasound scans for

- prediction of lean cut yields and fat free lean content in live pigs. *J. Anim Sci.* 1996; 74: 2566.
22. Soria RJ, Avedaño R, Ortiz CA. Levantamiento Fisiográfico del Estado de Querétaro. 1987. CIFAP-Guanajuato, INIFAP, SARH, México.
 23. Cervantes LJ. Crecimiento y Composición Corporal de Cerdos Alimentados con Dietas Ricas en Melazas en dos Zonas Climáticas. (tesis de maestría). Ciudad de México (Distrito Federal) México. Facultad de Estudios Superiores Cuatitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. 1991.
 24. Norma Mexicana para la Evaluación de la Carne de Cerdo en Canal. NMX-FF-81-1993-SCFI. Diario Oficial de la Federación. 1993. Tomo CDLXXVII No.7.
 25. Cuarón IJ, Velazquez MP, Cervantes LJ, Angeles MA. Propuesta para la clasificación de canales de cerdo en México. *Desarrollo Porcicola* .1992: 3: 18-21.
 26. Braña VD, Cuarón IJ. Comparación de tres sistemas de formulación a proteínas y aminoácidos en dietas para cerdos. *Memorias del V Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal*; 1993 octubre 186; Acapulco, (Guerrero) México. Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal.
 27. Mayen D, Cuarón IJ, y Labranderos E. Construcción y operación de jaulas metabólicas para cerdos en apoyo a las necesidades de investigación en nutrición Animal, *Memorias XX Reunión A.M.V.E.C.* 1985. Mérida (Yucatán) México. Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Cerdos. 1985. 49 p.
 28. Tejada HI. Manual de Laboratorio para Análisis de Ingredientes Utilizados en la Alimentación animal. Patronato de Apoyo para la Investigación y Experimentación Pecuaria en México. A.C. 1992.
 29. SAS . *SAS/STAT User's Guide* . 1987. SAS Inst. Inc., Cary, N.C. USA.
 30. Baker DH. Ideal aminoacid profiles for swine and poultry and their applications in feed formulation. *Fermex Technical Review-9*. Nutri-Quest, Inc. 1997.

31. Gatel F and Grosjean T. Effect of protein content of the diet on nitrogen excretion by the pigs. *Livest. Prod. Sci.* 1992. 31: 109.
32. Berschauer F, Close WH, Stephens DB. The influence of protein: energy value of the ration and level of feed intake on the energy and nitrogen metabolism of the growing pig. *Br. J. Nutr.* 1983. 49:271.
33. Lawrence BV, Adeola O, Cline TR. Nitrogen utilization and lean growth performance of 20 to 50 kilograms fed diets balanced for lysine: energy ratio. *J. Anim. Sci.* 1994. 72:2887.
34. Wagner GR, Clark AJ, Hays VW, Speer CV. Effect of protein energy relationships on the performance and carcass quality of growing swine. *J. Anim. Sci.* 1963. 22:202-208.
35. Bereskin BD and Davey RJ. Breed, line, sex and diet effects and interactions in swine carcass traits. *J. Anim. Sci.* 1976; 42:43-51.
36. Tyler RW, Luce WG, Johnson RK, Maxwell CV, Hintz RL, Walters LE. The effects of level of crude protein on performance of growing boars. *J. Anim. Sci.* 1983. 57:364-372.
37. Hansen BC and Lewis AJ. Effect of dietary protein concentration (corn:soybean meal ratio) on the performance and carcass characteristics of growing boars, barrows and gilts: Mathematical descriptions. *J. Anim. Sci.* 1993. 71: 2122-2132.
38. Chen HY, Lewis AJ, Miller PS, Wolverton CK, y Strop WW. Changes in plasma urea concentration can be used to determinate protein requirements of two populations of pigs with different protein accretion rates. *J. Anim. Sci.* 1995. 73: 2631-2639.
39. Chen HY, Lewis AJ, Miller PS, Yen TJ. The effect of excess protein on growth performance and protein metabolism of finishing barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 1999. 73: 3238.
40. Möhn S, Gillis AM, Moughan PJ, De Lange FM. Influence of dietary lysine and energy intakes on body protein deposition and lysine utilization in the growing pig. *J. Anim. Sci.* 2000. 78: 1510.

41. Edmons MS, Gonyou WH, Baker HD. Effect of excess levels of methionine, triptophan, arginine, lysine or threonine on growth and dietary choice in the pig. *J. Anim. Sci.* 1987. 65: 179.
42. Southern LL and Baker HD. Performance and concentration of amino acids in plasma and urine of young pigs fed diets with excesses of either arginine or lysine. *J. Anim. Sci.* 1982. 55:857.
43. Tanksley TD. and Knabe DA. Ileal digestibilities of amino acids in pig feeds and their use in formulating diets. In *Recent Advances in Animal Nutrition*. W. Haresign and D.J.A. Cole, eds.). Butterworths, London, UK.
44. Houghton LP and Turlington LM. Application of ultrasound for feeding and finishing animals. *J. Anim. Sci.* 1992. 70: 930.
45. Stouffer JR, Wallentine VM, Wellington HG, and Diekmann P. Development and application of ultrasonic methods for measuring fat thickness and rib-eye area in cattle and hogs. *J. Anim. Sci.* 1961. 20:759.
46. Gillis WA, Bowman GH, Grieger H, Rahnefeld GH. A comparison of ultrasonic with the ruler probe for the prediction of carcass yield in swine. *Can. J. Anim. Sci.* 1972. 52: 637.
47. Giles LR, Murison RD. Wilson BR. Backfat studies in growing pigs. 2. A comparison of ultrasound and ruler probe predictors of backfat and eye muscle measurements in the live pig. *Anim. Prod.* 1981. 32: 47.
48. Merssmann HJ. Ultrasonic determination of backfat depth and loin eye area in swine. *J. Anim. Sci.* 1982. 54 (2):268.
49. Forrest JC, Kuei CH, Orcutt WM, Schinckel AP, Stouffer RJ, Judge MD. A review of potential methods of on line pork carcass evaluation. *J. Anim. Sci.* 1989. 67: 2164.
50. Lopes DM, Williamson SA, Jacobs JA, Thomas MW. Estimation of fat depth and longissimus muscle area in swine by the use of real-time ultrasonography. *Proc. Western Sect. ASAS.* 1987. 38: 155.

51. McLaren DG, Mckeit FM, Novakofsky J, Wilson ER, McKeith FK. Prediction of carcass characteristics at market weight from serial real-time ultrasound measures of backfat and loin eye area in the growing pig. *J. Anim. Sci.* 1989. 67:1657.
52. Cromwell LG, Cline RT, Crenshaw DJ, Crenshaw DT, Ewan CR, Hamilton R.C. *et al.* The Dietary Protein and (or) Lysine Requirements of Barrows And Gilts. *J. Anim Sci.* 1993; 71: 1510.
53. Batterham ES, Giles RL, Dettmann BE. Amino acid and energy interactions in growing pigs. Effects of food intake, sex and live weight on the responses of growing pigs to lysine concentration. *Anim. Prod.* 1985; 40:331.
54. Yen HT, Cole DJ, Lewis D. Amino acid requirements of growing pigs. The response of pigs from 25 to 55 kg live weight to dietary ideal protein. *Animal Prod.* 1986. 43: 141.
55. Campbell RG, Taverner RM, Curic MD. The effect of sex and live weight on the growing pig's response to dietary protein. *Anim. Prod.* 1988. 46: 123.
56. Williams WD, Cromwell LG, Callow HE, Wishart J. The lysine requirement of the growing boars versus barrow. *J.Anim.Sci.* 1984. 58:657.
57. Batterham ES, Anderson ML, Belgent RD, White E. Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs: effect of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention. *Br. J. Nutr.* 1990; 64:81.
58. Yen HT, Cole DJ, Lewis D. Amino acid requirements of growing pigs. The response of pigs from 50 to 90 kg live weight to dietary ideal protein. *Animal Prod.* 1986. 43:155.
59. Stalhy TS, Cromwell LG, and Terunhe D. Responses of high, medium and low genotypes to dietary amino acid regimes. *J. Anim. Sci.* 1991. 69 (Suppl.1): 364 abstr.
60. Cisneros F, Ellis M, McKeith KF, Mc Caw J, Fernando LR. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and

- curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. *J. Anim. Sci.* 1996. 74: 925-933.
61. Gu Y, Schinckel AP, Martin TG. Growth development and carcass composition in five genotypes of swine. *J. Anim. Sci.* 1992. 70: 1719.
62. Bark LJ. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on responses of pig to metabolic regulators (Ph.D. Dissertation). Lexington (Kentucky) USA. Univ. of Kentucky, 1990.
63. Jensen AH, Acker CD, Masddock MH, Ashton CG, Homeyer GP, Heady OE *et al.* 1955. Different protein levels with or without antibiotics for growing-finishing swine: Effect on growth rate and feed efficiency. *J. Anim.Sci.* 14:69-81.
64. Speer VD, Lasley LE, Ashton CG, Hazel NL, Catron VD. Protein levels for growing boars on pasture and concentrate drylot. *J. Anim. Sci.* 1957. 16: 607-611.
65. Cook R, Lodge GA, Lewis D. Influence of energy and protein concentration in the diet on the performance of growing pigs. *Anim. Prod.* 1972.14: 35-46.
66. Campbell RG and King MR. The influence of dietary protein and level of feeding on the growth performance and carcass characteristics of entire and castrated male pigs. *Anim. Prod.* 1982. 35: 177-184.
67. Campbell RG, Taverner MR, Curic DM. Effect of feeding level and dietary protein content on the growth, body composition and rate of protein deposition in pig growing from 45 to 90 kg. *Anim. Prod.* 1984. 38: 233-240.
68. Friesen KG, Nelssen JL, Goodband RD, ToKach MD, Unruh JA, Kropf DH *et al.* Influence of dietary lysine on growth and carcass composition of high-lean-growth gilts from 34 to 72 kilograms. *J. Anim. Sci.* 1994. 72:1761-1770.
69. Cline TR, Crenshaw RC, Ewan RC, Lewis AJ, Hamilton C.R. Mahan D.C. *et al.* Protein levels for gilts: A cooperative study. *J. Anim. Sci.* 1995. 73 (Suppl.1): 86 (Abstr.)
70. Noblet J, Henry Y, Dubois S. Effect of protein and lysine level in the diet on body gain composition and energy utilization. *J. Anim. Sci.* 1987. 65: 717.

71. Cuarón IJ. Proteína ideal en la alimentación de cerdos: aspectos prácticos. Simposio sobre nutrición de aves y cerdos. Colegio Brasileiro de Nutricao Animal. 2000.
72. Campbell RG, Johnson RJ, King RH, Taverner RM, Meisinger DJ. Interaction of dietary protein content and exogenous porcine growth hormone administration on protein and lipid accretion rates in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 1990. 68: 3217.
73. Brown HD, Harmon, Jensen HA. Lysine requirement of the finishing pig for maximum rate of gain and efficiency. *J. Anim. Sci.* 1973. 37: 708.
74. Brown HD, Harmon, Jensen HA. Lysine requirement of the finishing pig for maximum carcass leanness. *J. Anim. Sci.* 1973. 37: 1159.
75. Robbins KR, Norton HW, Baker HD. Estimation of nutrient and requirements from growth data. *J. Nutr.* 1979. 109: 1710.
76. Zimmerman DR. Lysine requirements of the 5 to 10 kg pig. *J. Anim. Sci.* 1980. 51 (Suppl 1):78.
77. Cline RT, Cromwell GL, Crenshaw TD, Ewan RC, Hamilton CR, Lewis A.J. *et al.* Further assessment of the dietary lysine requirement of finishing gilts. *J. Anim. Sci.* 2000. 78: 987.
78. Kerr BJ, McKeith FK, Easter RA. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein diets. *J. Anim. Sci.* 1995. 73: 433-440.
79. Rosebrough RW, Mitchell DA, Richards PM, Steele CN, and McMurtry PJ. Effect of dietary protein status on urea metabolism and hepatic arginase activity of pigs. *Nutr. Res.* 1987. 7: 547-556.
80. Fox MC, Watkins LK, Craig MW, Stewart BT, Clawson JA, Southern LL. Excess crude protein for non gravid gilts. *J. Anim. Sci.* 1988. 66: 911-916.