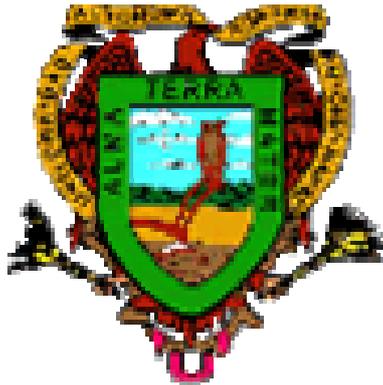


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS



Efecto de la suplementación a diferentes niveles de lisina en dietas para cerdos en Iniciación.

Por:

ORLANDO EMANUEL MALACARA ALVAREZ.

TESIS

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Febrero del 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS

Efecto de la suplementación a diferentes niveles de lisina en dietas para cerdos en Iniciación.

POR:

ORLANDO EMANUEL MALACARA ALVAREZ.

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADO POR

PRESIDENTE DEL JURADO

Dr. RAMON F. GARCIA CASTILLO

ASESOR

MC. MANUEL TORRES HDZ

ASESOR

MC. CAMELIA CRUZ RODRIGUEZ

ASESOR

Dr. ENRIQUE NAVARRO GUERREO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN
DE CIENCIA ANIMAL

ING. JOSÉ RODOLFO PEÑA ORANDAY

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Febrero del 2007.

DEDICATORIA

A DIOS Y A LA VIRGEN DE GUADALUPE:

Por iluminarme por el camino de la vida, darme paciencia y fortaleza para salir adelante.

A MIS PADRES.

Sra. Blanca. E. Álvarez Gutiérrez.

Sr. Ramón Malacara Peña

Por su gran amor, confianza y ejemplo, porque me inculcaron los principios de superación sin importar condiciones limitantes. Quien me enseñaron que las restricciones materiales son solo una ilusión cuando en verdad se desea alcanzar un objetivo. Que dios los bendiga y los guarde para siempre ya que son los pilares de la familia. Los quiero mucho.

A MIS HERMANOS Y CUÑADAS.

Juan Ramón Malacara Álvarez.

Hilda V Oliver Rivera

Ulises Malacara Álvarez.

Magaly Adame Medina

Con mucho cariño e infinito agradecimiento a mis hermanos y cuñadas quienes siempre me apoyaron incondicionalmente para seguir estudiando y superándome cada día.

A MIS SOBRINITAS:

Lana Jessimiel Malacara Adame.

Maria Fernanda Malacara Oliver.

A MIS ABUELOS:

Vicenta Gutiérrez Gutiérrez.

Antonio Álvarez Guzmán. (+)

Maria Peña Charles.

Manuel Malacara Rojas.

A mis abuelos con mucho cariño y amor, por cada una de las oraciones ofrecida durante mi vida. Dios los bendiga. En especial a mi abuelo Antonio Álvarez Guzmán (+) que en paz descanse, por haberme alentado a seguir estudiando. “Porque la mejor herencia de los padres a los hijos es el estudio”. Gracias.

A MIS TIOS.

Maria Elena, Hermila, José, Margarita, Teresa, Araceli, Raymundo, Mario, Reyes, Miguel, Rodolfo, Paco, Maria, Ing. Sergio Pintor, Irma, Fco, Alma,

Mil gracias por su comprensión y cariño, además a que me han enseñado a andar por el camino de la vida y estar conmigo en los momentos difíciles, motivándome a salir adelante y en especial al tío el **ING. JOSÉ BELEM MALACARA PEÑA.**

“Que este trabajo ayude a aplicar nuestros conocimientos y sea una fuente de consulta”.

A MIS PRIMOS.

Reyna, Gaby. Lorena, Javier, Manuel Gordo, Manuel Flaco, Fátima, Arely, Raymundo, José Ernesto, Luis, Lupita, Adrián, Edgar, Checo, Mary Fer, Adriana, Bernardo, Mario, Paty, Ricky, Jhon, Jessica, Omar, Ana, Fabi, Oscar, Cindy, Uriel, Ariel, Edel, Erica, Paulo, Adaly, Yazmín.

Por su cariño y comprensión, además de la gran amistad sincera que existe entre nosotros y por todo el cariño que le tengo a cada uno en especial.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS.

Luís Alberto Martínez Solís, Ing. José Rogelio Cepeda Garza, Ing. Roberto Martínez Daniel, Ing. Mario Cerda, Ing. Fernando García Compean, Ing. Cesar Vázquez, Ing. Eladio Mejía Gómez, Ing. Francis Acosta, Vladimir Ruiz, Poncho Pimentel, Tonny Leiva, Aarón de la Rosa, Ing. Vicky, Ing. Felipe, Cecy Peña, Ruth Ramírez, Paola Álvarez, Dianita, Gabriel, Payo Maciel, Jorgito Villar, Ing. Armando Guadarrama, Ing. Leo Pérez, Ing. Carlos Salas, Ing. Cut Pereira, Ing. Néstor Cruz, Ing. Paúl Cantun, Ing. Zaid Aguilar, Ing. Faustino Sánchez, Cintya Herrera, Ing. J. Martínez, Pedro Cisneros, Ing. Marvin, Horacio de la fuente malacara, Ing. Maria Elena Ruiz, Ing. Toño

Por su amistad sincera, apoyo mutuo y el cariño que me han brindado me llevo gratos momentos durante mi estancia en mi **ALMA MATER** nunca los olvidare.

Mis mas sinceros agradecimientos a la LIC. Claudia Ivon Ramírez por a verme ayudado en la recaudación de información del presente trabajo y por estar con migo en los momentos difíciles lo cual la admiro y respeto.

A LA FAMILIA.

Martínez Solís: Al Sr. Luís Martínez, Sra. Ofelia Solís, Lupita, Viviana, Rodrigo, Titi, Chuy, Dulce, Erick, Sr. Alberto, Sra. Martha.

Por haber tenido la dicha de conocerlos y brindarme su amistad y sus hogares Dios los bendiga muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS.

A MI “ALMA MATER”

Por haberme recibido en su seno y abrirme las puertas para formarme como profesionalista y ser parte de ella, y alcanzar otro objetivo en mi vida.

AL Dr. RAMON F. GARCIA CASTILLO:

Mi mas sincero agradecimiento al Dr. Ramón F. García Castillo por su valiosa asesoría, por el apoyo recibido de su parte y por su gran paciencia que tuvo para la realización del presente.

AL MC. MANUEL TORRES HERNANDEZ.

Le agradezco el gran apoyo con la revisión y la culminación del presente trabajo, gracias por su amistad.

A LA MC. CAMELIA CRUZ RODRIGUEZ

Por apoyarme en la revisión y culminación de este trabajo, de igual forma, le agradezco su más sincera amistad.

AL Dr. ENRIQUE NAVARRO GUERRERO

Agradezco su apoyo en la revisión y culminación del presente trabajo de investigación, por verme alentado a conseguir un objetivo más en la vida y por su sincera amistad.

AL Dr. JESUS FUENTES, QFB. LAURA PADILLA, MC. LORENZO SUAREZ, ING. RODOLFO PEÑA ORANDAY, ING. EDUARDO RAMOS, QFB. REBOLLOSO, QFB. LAURA MARICELA

Gracias por su sincero apoyo durante mi estancia en la Universidad y por ayudarme a formarme como profesionalista.

A LA LIC. GUADALUPE ARGENTINA SÁNCHEZ DE LEÓN.

Por apoyarme en obtener los datos de campo del presente trabajo, lo cual le tengo un gran respeto, admiración y cariño, gracias por tus consejos y por apoyo en los momentos más difíciles.

Agradezco a todas aquellas personas que directa o indirectamente me tendieron su mano para ayudarme en la elaboración de este trabajo: **Carlos Arévalo, María de Jesús, Alejandro, Wense, Javier, Pablo, Patricio**

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN	
Objetivo.....	2
Hipótesis.....	2
II. ANTECEDENTES	
Proteína en la dieta	3
Aminoácidos y su función.....	4
Aminoácidos esenciales.....	4
Aminoácidos no esenciales.....	5
Aminoácidos en la nutrición del cerdo.....	7
Aminoácidos limitantes en el cerdo.....	7
Descripción física de la lisina.....	9
Digestibilidad de los aminoácidos.....	9
Consumo de dietas con diferentes niveles de aminoácidos.....	10
Ganancia de peso y conversión alimenticia.....	15
Características de al canal.....	16
III. MATERIALES Y METODOS	
Ubicación del área de trabajo.....	18
Animales experimentales.....	18
Composición de las dietas utilizados.....	18
Alimentación y manejo de los lechones.....	19

Distribución de los tratamientos.....	19
Análisis químico de alimento.....	19
Sacrificio de los cerdos (características de la canal.).....	20
Diseño experimental.....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
Consumo de alimento.....	24
Eficiencia alimenticia.....	24
Ganancia diaria de peso.....	25
Características de la canal.....	27
Peso y rendimiento de la canal.....	27
Evaluación química de la canal.....	29
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
VI. LITERATURA CITADA	
VII. ANEXOS	

INDICE DE CUADROS.

3.1 Raciones utilizadas en la alimentación de cerdos con diferentes niveles de lisina.....	19
3.3 Análisis químico y contenido energético de dietas a base de sorgo y soya suplementadas con diferentes niveles de lisina de cerdos en la etapa de iniciación.....	20
4.1 Consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia de cerdos en iniciación consumiendo raciones con diferentes niveles de lisina.....	26
4.2 Desarrollo corporal de cerdos consumiendo raciones con diferentes niveles de lisina.....	27
4.3 Peso y rendimiento de la canal de cerdos consumiendo diferentes niveles de lisina.....	29
4.4 Características química de la canal de cerdos consumiendo raciones a diferentes niveles de lisina.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS.

3.1. Tabla para medir el área del ojo de la costilla.....	22
4.1 Consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia de cerdos en iniciación consumiendo raciones con diferentes niveles de lisina.....	26

I.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas para la producción porcina están consideradas dentro de la política económica de globalización. Por ende la calidad del producto no es solamente exigencia local o nacional sino a nivel internacional. Para esto, es necesario ser más eficientes y competir con productos de calidad.

La genética ha mejorado el índice de conversión del alimento en el producto obtenido del cerdo, así como las canales son más magras. El productor debe obtener un máximo incremento de peso en el menor tiempo posible, ofreciendo alimento que mejore la calidad de la canal (Maga, 1982).

Los requerimientos nutritivos básicos del cerdo los obtiene de la proteína, minerales, vitaminas y la energía (NRC, 1998). Sin embargo, proteínas de algunos ingredientes (sorgo y soya) de uso común en la alimentación del cerdo, presentan deficiencia o son limitantes para algunos aminoácidos esenciales como lisina, metionina, triptofano, treonina y valina, condición que puede causar efectos negativos en el comportamiento productivo del animal y resultados económicos negativos que afectarían al productor.

Los aminoácidos (aa's) son clasificados como esenciales y no esenciales, de acuerdo a que puedan o no ser sintetizados por el animal a partir de otros. Y la disponibilidad de los aminoácidos puede depender de su origen, tratamiento etc.

El sorgo como ingrediente básico en la formulación de dietas para esta especie, es buena fuente de energía pero poco eficiente en lisina. Este aminoácido es formador de tejido magro y reduce la acumulación de grasa en la canal en pollos de engorda (García *et al.*, 2004). Friesen *et al.* (1996) observan que el acumulo proteico depende del consumo diario de lisina y las usuales recomendaciones podrían estar subestimadas para máximo acumulo proteico en la canal; minimizar la deposición de grasa y garantizar un buen crecimiento y desarrollo muscular. Parece ser que animales alimentados a base de

maíz, harinas de soya o sorgo, dependerán más del nivel de lisina suministrado (Knowles *et al.*, 1998). Por lo tanto, la utilización de lisina en la dieta del cerdo, debe mejorar su comportamiento (consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia), la característica de la canal y su composición química. Además, al señalar los requerimientos de aminoácidos para la alimentación del cerdo, es necesario suplir en primera instancia lisina, ya que se considera el primer aminoácido limitante (Batterham *et al.* 1990).

Objetivo

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de diferentes niveles de lisina en la ración de cerdos en iniciación, sobre el consumo de materia seca (MS), ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia. Además, se evaluó el efecto de este aminoácido, sobre la calidad de las canales.

Hipótesis

Ho: Dietas con nivel superior de lisina al requerido para cerdos en iniciación no mejoran su comportamiento, características de la canal y su composición química.

Ha: Dietas con nivel superior de lisina al requerido para cerdos en iniciación mejoran su comportamiento, características de la canal y su composición química.

Meta

Evaluar el efecto de diferentes niveles de lisina en la ración de cerdos en iniciación para determinar si mejoran el comportamiento reflejándose en una mayor ganancia de peso, mas eficiente en la utilización del alimento, mejor calidad y composición química de la canal; esto con el propósito de hacer recomendaciones a los productores que se dedican a la engorda de cerdos y su transformación.

II. ANTECEDENTES

La importancia de la carne de cerdo es una valiosa fuente de proteína, energía, vitaminas y minerales para la humanidad y es la carne más ampliamente consumida en todo el mundo. La producción de cerdos se extiende a casi todos los países del mundo. Siendo omnívoros, los cerdos consumen una gran variedad de alimentos, sin embargo, los cereales y las tortas de oleaginosas constituyen los principales ingredientes de sus dietas. En el caso de los Estados Unidos Mexicanos, el sorgo y la torta de soja son las materias primas predominantes en los piensos del ganado porcino. La alimentación de los cerdos, representa del 60 al 80% de los costos totales de producción, siendo bajo los costos cuando se producen los alimentos y aumenta cuando se finalizan los animales (Cunha, 1977). Por este motivo es importante conocer las necesidades nutritivas de los cerdos bajo diversas condiciones, de modo que las dietas puedan ser formuladas para cubrir esas necesidades. No satisfacer las necesidades nutritivas de los animales supone un freno al crecimiento y reproducción óptimos. Por el contrario, el aporte de niveles excesivos de nutrientes es un despilfarro, resulta antieconómico y contribuye a la contaminación ambiental.

Las tablas del (NRC, 1998) para cerdos son, sin duda un paso adelante para conseguir una mejor precisión en la definición de los requerimientos nutritivos. Ello sin duda permitirá un mejor ajuste de los requerimientos y utilización de dietas con un bajo contenido en proteína, sin que el rendimiento productivo se vea afectado.

Proteína en la dieta

La proteína ideal, es un concepto antiguo propuesto por Mitchell, (1924, 1964) para optimizar la utilización de la proteína de la dieta (relación entre retención y consumo de proteína) y minimizar las excreciones de nitrógeno. En aquel momento fue más teórico que práctico. Hace más de 30 años que Dean y Scott (1965) produjeron este

concepto. Recientemente ha cobrado de nuevo gran interés en la producción de cerdos por tres razones.

- 1) El precio de la proteína con relación a la de energía.
- 2) La creciente disponibilidad de los aminoácidos sintéticos (metionina, lisina, triptofano y treonina.) para la alimentación animal.
- 3) Las limitaciones derivadas de las excreciones excesivas de nitrógeno al ambiente en varias regiones del mundo donde ha estado concentrada la producción de cerdos.

Los niveles adecuados de proteína están determinados por la capacidad en la dieta por suplir los aminoácidos esenciales y, en adición, nitrógeno para la síntesis de aminoácidos no esenciales. Para un óptimo comportamiento, el animal requiere de algunos aminoácidos esenciales en el alimento en un nivel adecuado, así como otros nutrientes indispensables. Sin embargo, los cerdos pueden tener un comportamiento satisfactorio aun cuando haya variaciones en el nivel de proteína cruda en la dieta, cuando se llenan los requerimientos de lisina principalmente (NRC 1998).

Aminoácidos y su función.

Aminoácidos esenciales

- Isoleucina: Junto con la L-Leucina y la Hormona del Crecimiento intervienen en la formación y reparación del tejido muscular.
- Leucina: Junto con la L-Isoleucina y la Hormona del Crecimiento (HGH) interviene con la formación y reparación del tejido muscular.
- Lisina: Es uno de los más importantes aminoácidos porque, en asociación con varios aminoácidos más, interviene en diversas funciones, incluyendo el crecimiento, reparación de tejidos, anticuerpos del sistema inmunológico y síntesis de hormonas.
- Metionina: Colabora en la síntesis de proteínas y constituye el principal limitante en las proteínas de la dieta. El aminoácido

limitante determina el porcentaje de alimento que va a utilizarse a nivel celular.

- Fenilalanina: Interviene en la producción del Colágeno, fundamentalmente en la estructura de la piel y el tejido conectivo, y también en la formación de diversas neurohormonas.
- Triptófano: Está implicado en el crecimiento y en la producción hormonal, especialmente en la función de las glándulas de secreción adrenal. También interviene en la síntesis de la serotonina, neurohormona involucrada en la relajación y el sueño.
- Treonina: Junto con la L-Metionina y el ácido Aspártico ayuda al hígado en sus funciones generales de desintoxicación.
- Valina: Estimula el crecimiento y reparación de los tejidos, el mantenimiento de diversos sistemas y balance de nitrógeno.

Aminoácidos no esenciales

- Alanina: Interviene en el metabolismo de la glucosa. La glucosa es un carbohidrato simple que el organismo utiliza como fuente de energía.
- Arginina: Está implicada en la conservación del equilibrio de nitrógeno y de dióxido de carbono. También tiene una gran importancia en la producción de la Hormona del Crecimiento, directamente involucrada en el crecimiento de los tejidos y músculos y en el mantenimiento y reparación del sistema inmunológico.
- Asparagina: Interviene específicamente en los procesos metabólicos del Sistema Nervioso Central (SNC).
- Acido Aspártico: Es muy importante para la desintoxicación del Hígado y su correcto funcionamiento. El ácido L- Aspártico se combina con otros aminoácidos formando moléculas capaces de absorber toxinas del torrente sanguíneo.
- Citrulina: Interviene específicamente en la eliminación del amoníaco.
- Cistina: También interviene en la desintoxicación, en combinación con los aminoácidos anteriores. La L - Cistina es muy importante

en la síntesis de la insulina y también en las reacciones de ciertas moléculas a la insulina.

- Cisteína: Función: Junto con la L- cistina, la L- Cisteína está implicada en la desintoxicación, principalmente como antagonista de los radicales libres.
- Glutamina: Nutriente cerebral e interviene específicamente en la utilización de la glucosa por el cerebro.
- Acido Glutámico: Tiene gran importancia en el funcionamiento del Sistema Nervioso Central y actúa como estimulante del sistema inmunológico.
- Glicina: En combinación con muchos otros aminoácidos, es un componente de numerosos tejidos del organismo.
- Histidina: En combinación con la hormona de crecimiento (HGH) y algunos aminoácidos asociados, contribuyen al crecimiento y reparación de los tejidos con un papel específicamente relacionado con el sistema cardio-vascular.
- Serina: Junto con algunos aminoácidos mencionados, interviene en la desintoxicación del organismo, crecimiento muscular, y metabolismo de grasas y ácidos grasos.
- Taurina: Estimula la Hormona del Crecimiento (HGH) en asociación con otros aminoácidos, esta implicada en la regulación de la presión sanguínea, fortalece el músculo cardíaco y vigoriza el sistema nervioso.
- Tirosina: Es un neurotransmisor directo y puede ser muy eficaz en el tratamiento de la depresión, en combinación con otros aminoácidos necesarios.
- Ornitina: Es específico para la hormona del Crecimiento (HGH) en asociación con otros aminoácidos ya mencionados. Al combinarse con la L-Arginina y con carnitina (que se sintetiza en el organismo) la L-Ornitina tiene una importante función en el metabolismo del exceso de grasa corporal.
- Prolina: Está involucrada también en la producción de colágeno y tiene gran importancia en la reparación y mantenimiento del músculo y huesos.

Entre los diversos aminoácidos y los aminoácidos limitantes presentes en cualquier alimento. Solo una proporción relativamente pequeña de aminoácidos de cada alimento pasa a formar parte de las proteínas del organismo. El resto se usa como fuente de energía o se convierte en grasa.

Los Aminoácidos en la nutrición de los cerdos.

Las necesidades de aminoácidos han sido obtenidas a partir de experimentos diseñados precisamente para este propósito, de tal suerte que puedan presentarse descripciones sobre la utilización de los requerimientos conforme a diferentes experimentos, mismos que pueden ser atribuidos a los tipos de cerdos utilizados según el caso, así como la fuente y disponibilidad del aminoácido de que se trate (N.R.C, 1988; Shimada, 1983).

Es posible que ciertos aminoácidos se formen a partir de otros por un proceso conocido como transaminación, pero hay algunos que no pueden ser sintetizados en absoluto por el organismo del animal, estos aminoácidos se denominan “aminoácidos esenciales o indispensables” mismos que por esta razón deben suministrarse en la dieta (Milton, 1973). Uno de estos aminoácidos esenciales es la lisina, el cual constituye el principal “factor limitante” en los granos de cereales que son la fuente primordial de la energía para cerdos (García, 1985).

Aminoácidos limitantes en el cerdo.

Diversos estudios han demostrado que la lisina es el primer aminoácido limitante de las dietas de sorgo y otros alimentos. Se menciona que para una mejor utilización de los aminoácidos esenciales deberán de ser alimentados en las cantidades y tiempos precisos, así como al nivel correcto contados los aminoácidos esenciales, ya que el cerdo no puede consumir un exceso de aminoácidos ahora para suplir las necesidades de mañana o almacenarlos, observándose mejores resultados cuando son suministrados al mismo tiempo todos los aminoácidos (Cunha, 1977)

Una dieta con un buen balance de aminoácidos, aunque estén por debajo del nivel convencional de proteína y aminoácidos esenciales, tendrá una pequeña o nula represión del consumo de alimento.

Una serie de anomalías de aminoácidos son reportados por Maynard *et al* (1979) indicando:

a) Un desbalance de aminoácidos es el resultado de agregar a una dieta baja en proteína uno o más aminoácidos, distintos al que limita el crecimiento, aunque en cantidades que no son tóxicas pero que causan una depresión en el consumo y el crecimiento, que se previene rápidamente con la suplementación del aminoácido limitante de crecimiento.

b) El antagonismo de aminoácidos se hace referente en que hay ocasiones en las que se observa que un aminoácido afecta el requerimiento de otro.

Un ejemplo es el antagonismo de lisina – arginina, en donde la lisina incrementa el requerimiento con la arginina por la reabsorción en los túbulos renales incrementando la excreción de arginina y además por incrementar la actividad de la arginina renal y de esta manera separa la arginina en urea.

Dentro de los aminoácidos esenciales, la lisina es el más limitante para el buen desarrollo del animal. La deficiencia de la lisina provoca disminución de apetito, pérdida de peso, baja eficiencia de transformación, pelo seco y áspero y emaciación acusada. La ración de los cerdos con deficiencia de un 2% de L-lisina provoca una mejoría inmediata en el apetito, en el desarrollo y en el aspecto general al adicionar la L-lisina (Cunha, 1960). Las recomendaciones generales para lisina son del orden de 0.7% para cerdos en la etapa de crecimiento y de 0.61% para la etapa de finalización (Anderson y Lewis, 1982). El NRC (1998) menciona que los requerimientos de lisina para cerdos de 5 a 10 kilogramos es de 1.19 % y para los de 10 a 20 kilogramos es de 1.01 %. Algunos investigadores informan que los requerimientos de lisina están influenciados por otros valores dietéticos tales como la densidad de energía (Mitchell *et al.*, 1965; Anderson y

Bowland, 1967) y el nivel de proteína (McWard et al., 1957; Kliya, 1964; Baker et al., 1975) y a esto se deben algunas diferencias en los requerimientos estimados.

Sin embargo, otras investigaciones estiman que los aminoácidos azufrados (AAS) metionina y cisteína también son limitantes, por lo que entonces, es importante mantener una óptima proporción AAS: lisina (Knowles *et al.*, 1998)

Descripción física de la lisina.

El aminoácido lisina es un producto de color café claro, en presentación granulada y olor muy fuerte parecido al olor de la posta porcina, irritante al contacto directo.

Símbolo = Lis [K]

Nombre sistemático = ácido-diaminohexanoico

Digestibilidad de aminoácidos

La digestibilidad de aminoácidos es uno de los factores más importantes para calificar la calidad de la dieta y la respuesta productiva de los animales. La cual hace años se ha determinado en cerdos a través de muestreo continuo ileal (Sauer et al., 1977; Jorgensen *et al.*, 1984). La digesta ileal, en lugar de la total, es preferida por varios investigadores debido a que la absorción y digestión total de proteína cruda (PC) y aminoácidos es prácticamente completa en el intestino delgado, mientras que la digestión y absorción en el intestino grueso es muy pequeño y sin valor por el cerdo. El nivel de proteína puede afectar la digestibilidad aparente de proteína cruda (PC) y aminoácidos en el cerdo (Kephart y Sherrit, 1990; Fen *et al.*, 1984; Liddle *et al.*, 1986) indican que la secreción y actividad de las enzimas pancreáticas depende del tipo de concentración del sustrato en la dieta.

Consumo y dietas con diferentes niveles de aminoácidos.

La suplementación de la ración baja en proteína con aminoácidos cristalinos ha tenido mucho interés debido a los altos costos de las fuentes de proteína. Meade *et al.* (1965) observaron que una ración con maíz y harina de soya conteniendo un 16.7 % de proteína, además, 3% de harina de pescado y 10% de suero de leche, necesita suplementarse con lisina y metionina para maximizar la ganancia y eficiencia alimenticia. Se han realizado varios experimentos con el fin de determinar las necesidades de lisina en cerdos destetados de dos a tres semanas de edad y pesando aproximadamente 5 kilogramos (Hutchinson *et al.* 1957; Mitchell *et al.* 1965; Anderson y Bouland, 1967), encontrando que los cerdos tuvieron un mejor comportamiento cuando recibieron 1.26% de lisina en la ración.

Campbell, (1978) realizó un experimento con cerdos machos destetados a los 20 días de edad, alimentándolos con una ración control con 20% PC y 1.1% de lisina y con raciones conteniendo 14.6 y 16.6 % PC. La lisina sintética fue adicionada a 0.0 a 0.54% para proveer cuatro raciones con 14.6% PC y en niveles de 0.54 a 1.08% de lisina, y 4 con 16.6 % PC y de 0.72 a 1.26% de lisina. Todas las raciones fueron ofrecidas *ad libitum* a los lechones entre 5.5 y 20.0 Kg. de peso vivo (PV). La ganancia de peso y la conversión alimenticia se mejoraron con un incremento total de lisina de 1.08 y 0.90% respectivamente cuando el comportamiento de los cerdos fue igual al logrado sobre la ración control ($P < .05$). El mejoramiento con un incremento en el nivel total de lisina durante estos dos periodos no dependió del total de proteína en la ración. Durante el periodo de peso vivo de 5.5 a 12.0 kg, el comportamiento óptimo fue obtenido cuando los cerdos fueron alimentados con los niveles superiores de lisina en las raciones con 14.6 y 16.6% PC (352g y 392g) respectivamente. Sin embargo, únicamente con la ración de 16.6% PC Provocó un comportamiento del cerdo igual al logrado con la ración control (392 y 401 g respectivamente). La calidad de la canal no respondió a la suplementación de lisina independientemente del nivel de proteína. Con la ración de 14,6% PC,

la calidad óptima de la canal se obtuvo con 0.90% de lisina, pero fue significativamente más pobre que para el control. Con la ración de 16.6% PC, la calidad de la canal mejoró en todo el rango de la utilización de lisina como suplemento y con 1.26% de esta fue superior al alcanzado con la ración control.

Araiza *et al* (2002) realizó un experimento para comparar la digestibilidad ileal aparente (DIA) de aminoácidos (AA) en maíz, sorgo y trigo, en cerdos en crecimiento. Se utilizaron seis cerdos con cánulas en íleon terminal, en tres periodos experimentales en un diseño en Cuadro Latino 3x3 repetido. Cada una de las dietas experimentales se elaboró con el ingrediente problema, complementada con vitaminas y minerales. El contenido, consumo y flujo ileal de AA fueron mayores ($p < 0.05$) en trigo, en comparación con maíz y sorgo. En promedio, la DIA de los AA esenciales, excepto la de leucina, fue mayor ($p < 0.05$) en trigo que en sorgo y maíz. La DIA de lisina, treonina y metionina fue superior ($p < 0.05$) en trigo que en sorgo (91.6, 30.7 y 40.0%, respectivamente) y maíz (21.1, 16.7 y 11.0%, respectivamente). Los valores de DIA, contenido total y digestible, y el flujo ileal de los AA esenciales, indican que su valor nutricional es superior en el trigo respecto al del sorgo (40.7 a 91.6%) o al del maíz (11.0 a 21.6%).

Cervantes *et al* (2003) con híbridos comerciales mejorados genéticamente para la condición magro, en la fase de acabado (hembras y machos castrados), evaluaron el efecto de dos niveles de ractopamina (RAC) en la dieta (0 y 10 ppm) y tres niveles de lisina (Lis): 0,95 1,05 y 1,15% sobre la ganancia diaria de peso (GDP), peso canal caliente (PCC) y fría (PCF a 24 y 48 h), porcentaje de rendimiento en canal (REN) y pérdidas por goteo a las 24 (M24) y 48 horas (M48). Hubo una interacción ($P < 0,001$) entre el nivel de RAC y el sexo para GDP, donde la adición de RAC a la dieta permitió que las hembras igualaran a los machos castrados. La GDP fue mayor ($P < 0,001$) para el tratamiento que recibió el máximo nivel de lisina en la dieta, superando éste a los niveles 0,95 y 1,05% en 8,2 y 11,03%, respectivamente. El PCC mostró un efecto inverso en relación al nivel de lisina, siendo más

alto ($P < 0,01$) para el tratamiento con 0,95% de lisina, superando en 4,9 y 3,5 kg a los niveles 1,05 y 1,15%, respectivamente. El REN no se vio afectado por el nivel de este aminoácido en la dieta. Igual comportamiento se observó para PCF24 y PCF48. Las M24 y M48 fueron afectadas ($P < 0,001$) en relación al nivel de lisina con las mermas más altas en el nivel 1,05% (2,61 y 1,80 kg, respectivamente). Igualmente, en ambos casos, las menores pérdidas fueron observadas al nivel 1,15% de lisina (1,92 y 1,23 kg para M24 y M48, respectivamente). La inclusión de RAC afectó el PCC, siendo mucho más alta ($P < 0,001$) en relación al control superándolo en 5,86 kg. El REN fue más alto ($P < 0,05$) para el tratamiento RAC10, superando este al control en 0,9 unidades porcentuales. Los valores de PCF24 y PCF48, en relación a la RAC resultaron mucho más altos ($P < 0,001$) en RAC10, superando éstos al control en 5,863 y 5,13 kg, respectivamente. Las M24 fueron similares entre los tratamientos RAC0 y RAC10. La M48 fue mayor ($P < 0,001$) en 0,709 kg para el tratamiento con RAC.

Se realizaron dos experimentos con cerdos en crecimiento y finalización para evaluar el efecto de adicionar harina de algas marinas (*Macrocystis pyrifera*) a dietas con base en trigo, sobre el comportamiento productivo y las características de la canal. En ambos experimentos las dietas base se adicionaron con lisina, treonina y metionina para cubrir 100% los requerimientos. En el Exp. 1 se utilizaron 28 cerdos en crecimiento (22.0 kg de peso). Los tratamientos fueron los siguientes: T1 dieta base, 100% requerimiento de lisina, treonina y metionina; T2 como en T1 + 1.5% de harina de algas; T3 dieta base, + 20% del requerimiento de lisina, treonina y metionina; T4 como en T3 + 1.5% de harina de algas. El nivel de aminoácidos en la dieta no afectó ($P > 0.10$) la ganancia de peso (GDP) ni la conversión alimenticia (CA), pero la adición de harina de algas incrementó ($P < 0.10$) GDP y tendió ($P < .10$) a mejorar la CA, independientemente del nivel de aminoácidos en la dieta. En el Exp. 2 se utilizaron 40 cerdos en finalización (63.6 kg PV inicial). Los tratamientos fueron los siguientes: T1 dieta base; T2; T3 y T4: como en T1 + 1.5, 3.0 y 4.5% de harina de algas,

respectivamente. La adición de 1.5% de algas marinas aumentó la GDP ($P<0.5$), pero no se observó ningún efecto adicional con niveles más altos. La harina de algas no afectó ($P<0.10$) el consumo de alimento. La conversión alimenticia mejoró con la adición de 3.0% de harina de algas. El área de ojo de la costilla fue mayor ($P<0.05$) en cerdos alimentados con 3.0% de harina de algas. Estos datos sugieren que la harina de algas marinas en dietas para cerdos puede mejorar su comportamiento productivo.

Trindade *et al.* (1999) cuarenta y ocho lechones híbridos comerciales, machos castrados y hembras con peso promedio de 5.47 ± 0.21 kg, fueron distribuidos en bloques al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones, para determinar la mejor concentración de lisina hasta los 11.93 ± 0.35 kg (fase inicial-1) y los efectos subsecuentes hasta los 19,0 kg (fase inicial-2). Se determinaron la composición química de las fracciones corporales y de acumulo de tejido muscular en el canal y cuerpo vacío. Las concentraciones de lisina utilizadas en la primera fase posdestete fueron 1,30; 1,40; 1,50 e 1,60%. No fue observado efecto en la composición química de la canal, caracterizando la independencia de las concentraciones de lisina. La respuesta para acumulo proteico y agua del canal fue linear con el aumento de lisina, caracterizando la mayor eficiencia en la utilización y direccionamiento del nutriente para la síntesis proteica de la musculatura esquelética. En la segunda fase, fue observado un efecto linear contrario en respuesta a las concentraciones de lisina administradas anteriormente, reduciéndose el acumulo proteico en el canal. Posiblemente, las concentraciones nutricionales para la segunda fase estaban excediendo las reales necesidades y los lechones que habían tenido mayor gane catabolizaron mayor cantidad de los nutrientes dietéticos. Las respuestas favorables al aumento de la concentración de lisina en la dieta de lechones entre 5 y 11kg, recomiendan nuevos estudios utilizando concentraciones superiores a las estudiadas a fin de establecer la eficiencia máxima de acumulo proteico.

Fernández *et al* (1999) veinte camadas de 6 cerdos destetados a los 28 días de edad fueron sometidas a 6 tratamientos dietéticos por 4 semanas. Los resultados obtenidos demostraron que se puede reducir la proteína de la dieta por lo menos en un 15% (de 20 a 17g de proteína aparentemente digerible a nivel ileal, ADI, por MJ de energía neta) sin pérdidas de producción con tal que se suministren los aminoácidos esenciales en cantidades iguales. El nivel recomendado de valina en dietas para lechones en Dinamarca, (1 g ADI/MJ de energía neta) es óptimo en condiciones optimas de producción. Un 10% menos de esta cantidad no causó diferencias significativas, pero cuando la valina se disminuyo en 20% los rendimientos productivos se redujeron en un 10 a 20%. Reducción del nivel de proteína y de aminoácidos en la misma proporción causó pérdidas de rendimiento alrededor de 6-8%. Sin embargo, el solo hecho de que esta dieta pueda ser formulada económicamente con los niveles deseados de aminoácidos, justifica que se pueda postular, que esta ultima alternativa, es posiblemente la más adecuada en explotaciones con condiciones suboptimales de producción.

Cervantes, R. M., (1997) realizó un experimento para comparar la digestibilidad ileal aparente (DIA) de aminoácidos (AA) en maíz, sorgo y trigo, en cerdos en crecimiento. Se utilizaron seis cerdos con cánulas en íleon terminal, en tres periodos experimentales en un diseño en Cuadro Latino 3x3 repetido. Cada una de las dietas experimentales se elaboró con el ingrediente problema, complementada con vitaminas y minerales. El contenido, consumo y flujo ileal de AA fueron mayores ($p < 0.05$) en trigo, en comparación con maíz y sorgo. En promedio, la DIA de los AA esenciales, excepto la de leucina, fue mayor ($p < 0.05$) en trigo que en sorgo y maíz. La DIA de lisina, treonina y metionina fue superior ($p < 0.05$) en trigo que en sorgo (91.6, 30.7 y 40.0%, respectivamente) y maíz (21.1, 16.7 y 11.0%, respectivamente). Los valores de DIA, contenido total y digestible, y el flujo ileal de los AA esenciales, indican que su valor nutricional es superior en el trigo respecto al del sorgo (40.7 a 91.6%) o al del maíz (11.0 a 21.6%).

Ganancia de peso y conversión alimenticia.

Cerdos alimentados con dietas bajas en proteína adicionadas con lisina, metionina, treonina y triptofano sintéticos, excretan menos nitrógeno en heces. Estas dietas reducen la pérdida de energía (Le Bellego *et al.*, 2001) y aumentan la retención de energía metabolizable (EM) en tejidos corporales, principalmente grasa. Por tanto, la canal del cerdo presenta mayor cantidad de tejido adiposo (Kerr *et al.*, 1995; Tuitoek *et al.*, 1997). La disminución de proteína cruda (PC) en dietas cereal-pasta de soya puede reducir la desaminación de los excesos de aminoácidos (AA), la consecuente síntesis de urea y su excreción en la orina. Además, dietas bajas en proteína pueden reducir el recambio de proteína corporal y la producción de calor corporal en cerdos (Noblet *et al.*, 1987; Roth *et al.*, 1999). Así, puede haber más energía disponible para síntesis de tejido adiposo, y mayor grosor de la grasa dorsal, aunque la ganancia de peso, la conversión alimenticia y la ganancia de carne magra sean similares en cerdos alimentados con dietas estándar o con menos PC (Figuroa *et al.*, 2002). La respuesta productiva de los cerdos en crecimiento no cambia al reducir la PC de la dieta adicionando AA sintéticos; sin embargo, las características de la canal podrían mejorarse (menor grasa dorsal) si se reduce la concentración de EM en esas dietas con menor contenido de proteína, lo que aumentaría la calidad de la carne. Al respecto, no se encontraron reportes en la literatura revisada. Cuando no se agregan AA sintéticos a dietas bajas en PC (12%), se reduce la respuesta productiva y se afecta negativamente las características de la canal (Kerr *et al.*, 1995), lo que se refleja en menor ganancia de carne magra (GCM) y mayor grasa dorsal. Aparentemente puede reducirse aún más la proteína de la dieta, a 11%, si además de los cuatro AA sintéticos comercialmente disponibles (Lis, Met, Thr, Trp), se agrega valina e histidina o isoleucina, que son AA limitantes, en dietas con 11% PC (Figuroa *et al.*, 2002, 2003). La respuesta productiva y la composición de la canal es diferente en machos castrados, hembras, y machos enteros (Cline y Richert, 2001). Por tanto, frecuentemente se compara entre sexos para

determinar los requerimientos de nutrientes y la respuesta productiva específica de cada sexo, y el efecto de diferentes concentraciones de nutrientes en el crecimiento de machos castrados y hembras (Schinckel, 1994)

Características de la canal

Estudios reportados por Schinckel y Lange (1996) indican que la concentración de la proteína corporal aumenta del nacimiento a los 45-65 kg de peso vivo aproximadamente, intervalo en el cual el empleo de lisina se torna mas relevante en la diferenciación de las características corporales del cerdo seleccionado para acumulo de carne magra. Algunos resultados de la literatura indican que la concentración de lisina necesaria para maximizar la eficacia en el aprovechamiento de los nutrientes y acumulo muscular en la canal se encuentra arriba de las necesidades para ganancia de peso. Friesen *et al.* (1996) observaron que el acumulo proteico dependía del consumo diario de lisina arriba de un determinado nivel y las usuales recomendaciones podrían estar subestimadas para máximo acumulo proteico en la canal. Se considera que para minimizar la deposición de grasa y garantizar un buen crecimiento y desarrollo muscular, esta proporción debería estar cercana al 0,67%. Sin embargo, parece no ser así en aquellos animales alimentados a base de maíz, harinas de soya o sorgo, los cuales dependerán más del nivel de lisina suministrado (Knowles *et al.*, 1998). Por consiguiente, la distribución del resto de los aminoácidos en la proteína va a depender de la cantidad de lisina requerida por el cerdo en su respectivo estado fisiológico constituyéndose de esta manera en lo que se ha llamado la proteína ideal. Otros resultados son contradictorios en relación a los efectos de la lisina en el acumulo lipídico en cerdos.

Los requerimientos de aminoácidos en los cerdos se encuentran influenciados, entre otros, por factores genéticos (magro vs. grasa), sexo, concentración de energía de la dieta, biodisponibilidad de estos aminoácidos y la frecuencia de alimentación (Hahn *et al.*, 1995). Se han evaluado los efectos de la lisina en las características de la canal del cerdo, sobre el rendimiento de la canal al beneficio, profundidad de la

grasa dorsal en la última y antepenúltima costilla, área del músculo *longissimus dorsi* y porcentaje de tejido magro, encontrándose resultados variables de acuerdo al nivel de incorporación dado, capacidad genética y el sexo (Hansen y Lewis, 1993; Hahn *et al.*, 1995).

III.- MATERIALES Y METODOS

Ubicación del área de trabajo

El presente trabajo de campo se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad Metabólica, el análisis químico del alimento y la carne en el Laboratorio de Nutrición y Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, en Buenavista, a 7 Km. al sur de la Ciudad de Saltillo, Coahuila por la carretera Saltillo-Zacatecas. La localización geográfica es 25° 22'44" Latitud Norte y 100° 00'00" Longitud Oeste, con una altura de 1770 msnm. El clima de la región es BSo kx' (e) que se caracteriza por ser seco o árido, el mas seco de los BS, con régimen de lluvias entre el verano e invierno, Precipitación media anual de 303.9 mm y temperatura media anual de 17.7 ° C (García, 1973).

Animales experimentales

El experimento tuvo una duración de 33 días (del 3 de julio al 05 de agosto del 2006). Se utilizaron 18 cerdos castrados en la etapa de iniciación, craza tipo comercial (Yorkshire, Hampshire, Duroc y Landrace) con peso vivo inicial promedio de 10.134 Kg y 40 días de edad. Formando tres tratamientos de seis cerdos cada uno, distribuidos en tres corraletas de concreto de 9.0 M² (3.0 x 3.0m); equipadas con comederos y bebederos automáticos.

Composición de las dietas utilizadas

Las dietas fueron elaboradas a base de sorgo molido (*Sorghum vulgare*) y pasta de soya (*Glicine max*), conteniendo 20.81 % de PC y 3.427 Mcal EM por kilogramo de MS. A las cuales se les adicionó 0.285 y 0.589 gramos de L-lisina/100 kg de alimento. Producto con 98 % de pureza de Basf Mexicana S. A. de C. V. Los requerimientos nutricionales para cerdos de esta edad y peso se establecieron de acuerdo a las tablas de requerimientos para cerdos (NRC, 1998). Se estimó un contenido de 1.138, 1.423 y 1.707 % de lisina para T1, T2 y T3 respectivamente (**Cuadro 3.1**)

Cuadro 3.1. Raciones utilizadas en la alimentación de cerdos, con diferentes niveles de L-lisina

Ingredientes	Cantidad (kg)
Sorgo molido	635.00
Pasta de soya	255.00
Cebo de res	20.00
Suplemento (VIT-MIN 100)	90.00
Total	1000.00

$T_2 = 285$ y $T_3 = 569$ g de L-lisina/100 kg de alimento (BASF Mexicana S. A. de C. V.)
 Suplemento (VIT-MIN 100) = 2.6% lisina.

Alimentación y manejo de los lechones

Los animales se pesaron individualmente al inicio y al finalizar la investigación. Esta práctica se realizó siempre a la misma hora (08:00 a. m.), en ayuna y en el mismo orden. La ganancia diaria de peso se calculó considerando la diferencia entre el peso final y el peso inicial dividido entre los días de prueba. El alimento fue ofrecido a libre acceso y el consumo de materia seca se obtuvo de la diferencia entre la cantidad de MS del alimento ofrecido y la cantidad de MS del alimento rechazado. La eficiencia alimenticia se calculó en base al alimento consumido entre la ganancia de peso.

Distribución de los tratamientos

Los 18 animales de este estudio se dividieron en tres grupos de 6 repeticiones, cada uno considerado como unidad experimental. Un grupo testigo T_1 con nivel normal del requerimiento de lisina, $T_2 = T_1 + .285$ kg de L-lisina/100 kg de alimento y $T_3 = T_1 + 0.569$ kg de lisina/100 kg de alimento.

Análisis químico del alimento

La ración base fue analizada para determinar su composición química (**Cuadro 3.3**). Muestras de las raciones fueron obtenidas, para su posterior análisis, las muestras fueron secadas en una estufa a 60°C y molidas a través de una malla de 1mm en un molino de marca Wiley. Las muestras fueron analizadas para determinar materia seca (MS) a 105°C, humedad y extracto etéreo (EE). El contenido de proteína cruda

(PC) fue analizado según el procedimiento Kjeldahl, % N x 6.25 (AOAC, 1997). Los contenidos de energía metabolizable se estimaron de acuerdo a (Crampton y Harris, 1969); calcio y fósforo, fueron estimados en base a valores reportados en las tablas de composición de alimentos (NRC, 1998).

Cuadro 3.3 - Análisis químico y contenido energético de dietas a base de sorgo y soya suplementadas con diferentes niveles de L-lisina para cerdos en la etapa de iniciación.

Determinación	Contenido (%)
Humedad	10.4
Materia seca	89.6
Proteína cruda	20.81
Fibra cruda	3.09
NDT	81.81
ED Mcal/kg MS	3.600
EM Mcal/kg MS	3.460
Ca	0.80
P	0.65

L-lisina (**98 % pureza**) Basf Mexicana S. A. de C. V.

NDT = Nutrientes digestibles totales; ED = Energía Digestible; EM = Energía metabolizable; Mcal/kg MS = Megacalorías por kilogramo de materia seca.

Cálculo de NDT Y EM (Crampton y Harris, 1969)

Sacrificio de los cerdos (Características de la canal).

Una vez que finalizó el periodo de la investigación se pesaron los animales individualmente, se anotó la altura de la cruz (cm) y la circunferencia torácico (cm), espesor de grasa dorsal entre la séptima y octava costilla a una distancia de siete centímetros de la columna de acuerdo a las instrucciones de operación del equipo Dramisnki backfat scanner. Se escogieron al azar dos animales de cada tratamiento, para sacrificarlos, iniciando a las 8 a.m. Se obtuvo el peso al sacrificio, peso de la canal caliente y el rendimiento (%) de la canal caliente (peso de la canal caliente como por ciento del peso vivo). Las canales fueron refrigeradas por un periodo de 24 horas a una temperatura de 3-5° C; para posteriormente pesarlas, y así obtener el peso de la canal fría. El rendimiento de la canal fría es el peso de la canal fría como por ciento

del peso vivo al sacrificio. También utilizando cuadrícula especial, se midió el área del ojo de la costilla (cm) de acuerdo a Iowa State University of Science and Technology, (1990). **Figura 3.4**

Muestras de carne fueron adquiridas de la costilla, jamón y paleta de cada una de las canales para su posterior análisis, similar al realizado en el alimento ofrecido.

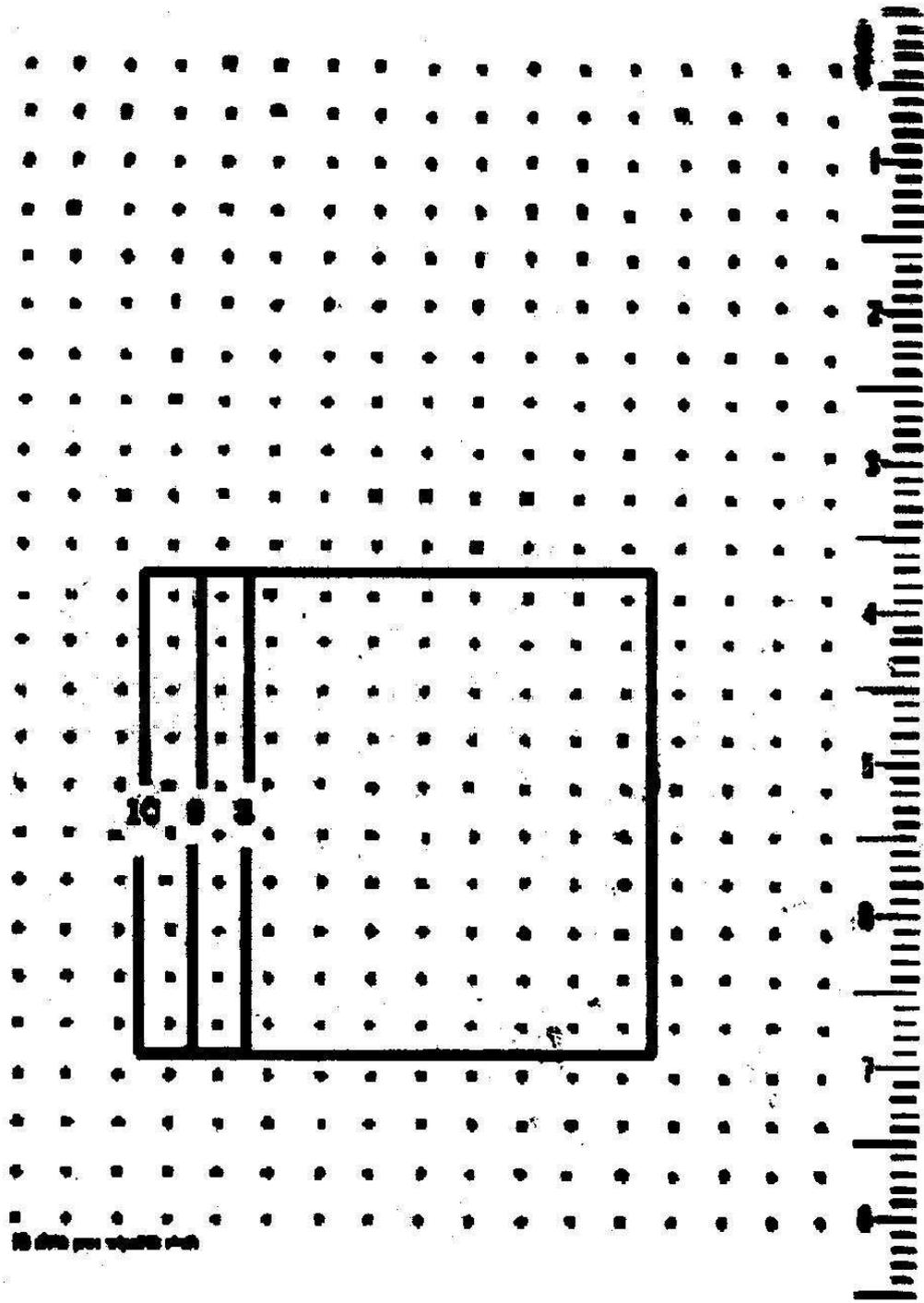


Figura. 3.1. Tabla utilizada para medir el área del ojo de la costilla.

Diseño experimental.

Para las variables ganancia diaria de peso, espesor de grasa dorsal, altura de la cruz, circunferencia torácica, peso al sacrificio y peso y rendimiento en canal caliente y fría, área del ojo de la costilla, análisis químico de la carne, fueron analizados mediante un diseño completamente al azar, para tres tratamientos con igual número de repeticiones; considerando a cada repetición una unidad experimental (Steel y Torrie, 1988).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se discuten los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Consumo de alimento

En cuanto el consumo de alimento, no se analizó estadísticamente. Los diferentes niveles de lisina utilizados en la dieta para los cerdos, presentan un consumo de alimento numéricamente similar (**Cuadro 4.1**) en los respectivos tratamientos T1, T2 Y T3 (**Figura 4.1**). De acuerdo a NRC, (1998) los consumos de materia seca para cerdos de esta edad y peso (10 a 20 kg PV) es de 1.000 kg por día. En esta investigación se obtuvo consumos superiores a los reportados en esta revista con un promedio mayor de aproximadamente 0.680 kg para el testigo y los tratamientos. Quizás porque los animales de este estudio, se alimentaron hasta tener un promedio de 30.0 kg de PV. Lo cual incrementó el consumo.

Eficiencia alimenticia

La eficiencia alimenticia (relación alimento/ganancia) tampoco se analizó estadísticamente. Los valores encontrados para kilogramos de alimento requeridos para producir un kilogramo de ganancia de peso (**Cuadro 4.1**) en los diferentes tratamientos; presentan una tendencia lineal aumentando con el incremento del nivel de lisina adicionada a la dieta (**Figura 4.1**). Uribe (1995), obtuvo los siguientes resultados 3.1362, 4.0850, 3.3625, y 2.8712 kg, respectivamente para los tratamientos testigo POCR-1, POCR-2, testigo y lisina.

Como se puede observar la mejor (E.A.) la presentó el POCR-1, seguida del POCR-2 y la menor fue el tratamiento tres el cual contenía el aminoácido lisina.

(Cromwell, 1996). La reducción moderada en el contenido de PC (hasta cuatro unidades porcentuales) de dietas a base de sorgo (*sorghum vulgare*) pasta de soya (*Glicine max*), y la inclusión de lisina y treonina sintético, no afectó el comportamiento productivo de los

cerdos (Hansen *et al.*, 1993) sin embargo, una reducción mayor (cinco unidades porcentuales) disminuye la ganancia de peso, y la eficiencia alimenticia de los cerdos, aun cuando estas dietas sean complementadas para que los aminoácidos cubran los requerimientos del cerdo.

Ganancia diaria de peso

Al analizar estadísticamente esta variable, no se encontró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre tratamientos. Con valores de 0.627, 0.594 y 0.580 Kg de ganancia diaria de peso para los tratamientos T1, T2 Y T3 respectivamente (**Cuadro 4.1**). La adición de lisina a la dieta no afectó la ganancia de peso. Pero se observa que a mayor contenido de lisina en la dieta, se obtiene un menor incremento de peso (**Figura 4.1**). Situación diferente a la observada en este estudio la reportan Meade *et al.* (1965) en la cual recomiendan que una ración integrada por maíz y harina de soya conteniendo un 16.7% de proteína, además, 3% de harina de pescado y 10% de suero de leche, se requiere suplementar con lisina y metionina para maximizar la ganancia y eficiencia alimenticia. De igual manera, Hutchinson *et al.* (1957) Mitchell *et al.* (1965); Anderson y Bouland, (1967), en sus trabajos realizados encuentran que los cerdos tuvieron un mejor comportamiento cuando recibieron 1.26% de lisina en la ración. Este comportamiento es satisfactorio, aun cuando haya variaciones en el nivel de proteína cruda en la dieta, cuando se cumplen los requerimientos de lisina principalmente (NRC, 1998).

Cuadro 4-1. Consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia de cerdos en iniciación consumiendo raciones con diferentes niveles de lisina

Variables	Testigo	L-lisina*	L-lisina*	EE	P≥F
Cerdos/Tratamiento	6	6	6		
Peso inicial (kg)	9.817	10.059	10.542	0.909	0.850
Peso final (kg)	30.50	29.667	29.667	1.556	0.910
Ganancia de peso total (kg)	20.684	19.609	19.122	0.966	0.519
Ganancia de peso/día (kg)	0.627	0.594	0.580	2.743	0.515
Consumo de alimento (kg)**	1.623	1.689	1.685	—	—
Eficiencia alimenticia** (consumo/ganancia)	2.589	2.843	2.905	—	—

- *L-lisina = 0.285 y 0.589 g/100 kg de alimento
- **No se analizó estadísticamente

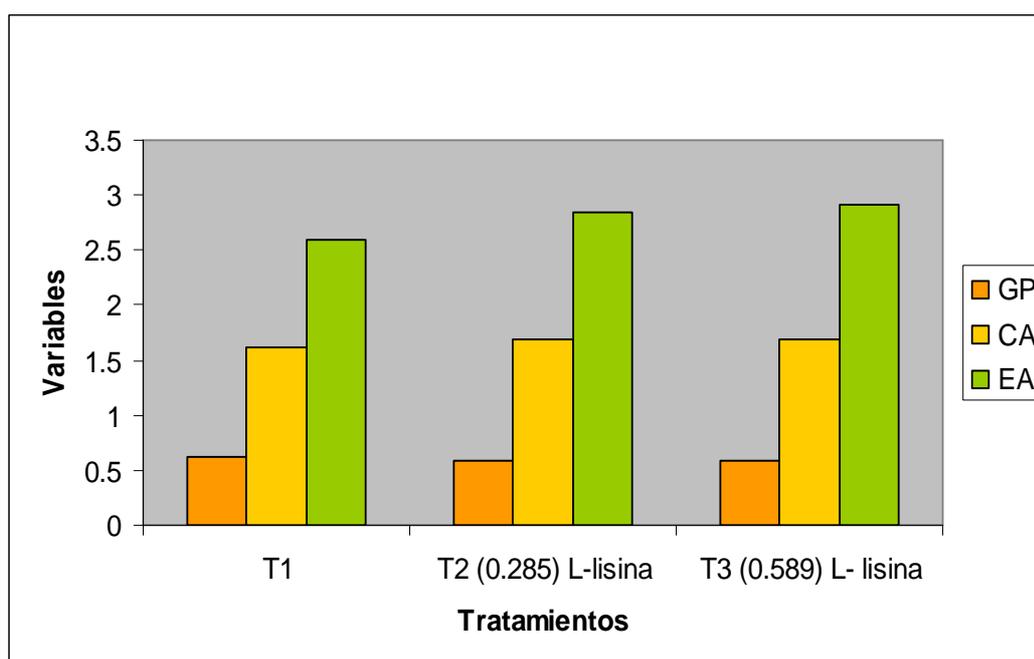


Figura 4-1. Consumo, ganancia de peso y eficiencia alimenticia de cerdos en iniciación consumiendo raciones con diferentes niveles de lisina

Características de la canal

Las mediciones externas en centímetros (altura a la cruz y circunferencia torácica) de los cerdos al finalizar el trabajo de investigación, no fueron afectados ($P \leq 0.05$) por la adición de lisina a la ración (**Cuadro 4.2**). Para los T₁, T₂ y T₃, las siguientes medidas (cm), respectivamente, fueron obtenidas: Altura a la cruz, 45.333, 45.500 y 44.166; circunferencia torácica, 76.916, 76.250 y 73.666.

Cuadro 4.2. Desarrollo corporal de cerdos consumiendo raciones con diferentes niveles de lisina

	T1	T2	T3	EE	P _≥ F
Número de animales	6	6	6		
Altura a la cruz (cm)	45.333	45.500	44.166	1.150	0.652
Circunferencia torácica (cm)	76.916	76.250	73.666	7.596	0.545

Peso y rendimiento de la canal

En el **Cuadro 4.3** se presentan los pesos y el rendimiento de la canal de cerdos consumiendo raciones con lisina. Los pesos al sacrificio y pesos y rendimientos de la canal caliente y fría no fueron diferentes ($P \geq 0.05$) entre tratamientos. Los pesos al sacrificio fueron de 30.0, 30.0 y 29.5 kg para T₁, T₂ y T₃, respectivamente. Los pesos de la canal caliente fueron de 20.410, 22.035 y 18.910 kg para T₁, T₂ y T₃, respectivamente. Consecuentemente, el rendimiento en canal (peso de la canal caliente como por ciento del peso al sacrificio) fue de 68.0, 73.5 y 64.1 % para T₁, T₂ y T₃, respectivamente.

Para los tratamientos T₁, T₂ y T₃, los pesos de la canal fría fueron 20.030, 21.535 y 18.465 kg, mientras que los rendimientos de la canal fría fueron 66.8, 71.5 y 62.6%, respectivamente.

La adición de diferentes niveles de lisina a la dieta de los cerdos no afectaron ($P \geq 0.05$) los resultados del área del ojo de la costilla y espesor de grasa dorsal (mm). Respectivamente, para los tratamientos T₁, T₂ y T₃, las siguientes evaluaciones fueron obtenidos: Área del ojo de la costilla, 52.5, 56.5 y 58.0 cm²; espesor de grasa dorsal, 12.333, 13.714 y 11.428 mm. Campbell, (1978) realizó un experimento con

cerdos machos destetados a los 20 días de edad, alimentándolos con una ración control con 20% PC y 1.1% de lisina y con raciones conteniendo 14.6 y 16.6 % PC. La calidad de la canal no respondió a la suplementación de lisina independientemente del nivel de proteína. Con la ración de 14.6 % de PC, la calidad óptima de la canal se obtuvo con 0.90% de lisina, pero fue significativamente mas pobre que para el control. Con la ración de 16.6% PC, la calidad de la canal mejoró en todo el rango de la utilización de lisina como suplemento y con 1.26% de esta fue superior al alcanzado con la ración control.

Trabajos realizados para evaluar los efectos de la lisina en las características de la canal del cerdo, como rendimiento de la canal, espesor de la grasa dorsal en la última y antepenúltima costilla, área del músculo *longissimus dorsi* y porcentaje de tejido magro, encontrándose resultados variables de acuerdo al nivel de incorporación dado, capacidad genética y el sexo (Hansen y Lewis, 1993; Hahn *et al.* 1995).

Probablemente el contenido de proteína de la dieta (20.81 %) era bajo para el requerimiento proteico de los cerdos. Una disminución de proteína cruda (PC) en dietas cereal-pasta de soya puede reducir la desaminación de los excesos de aminoácidos (AA`s), la consecuente síntesis de urea y su excreción en la orina. Como también, pueden reducir el recambio de proteína corporal y la producción de calor corporal en cerdos (Noblet *et al.* 1987; Roth *et al.* 1999). Esto provocaría que hubiera más energía disponible para síntesis de tejido adiposo y mayor grosor de la grasa dorsal, aunque la ganancia de peso, la conversión alimenticia y la ganancia de carne magra sean similares en cerdos alimentados con dietas estándar o con menos PC (Figueroa *et al.* 2002). Sin embargo, la respuesta productiva de los cerdos en crecimiento no cambia al reducir el contenido de PC de la dieta adicionando AA sintéticos; pero, las características de la canal podrían mejorarse (menor grasa dorsal) si se reduce la concentración de EM en esas dietas con menor contenido de proteína, esto podría mejorar la calidad de la carne.

4.3. Peso y rendimiento de la canal de cerdos consumiendo raciones con diferentes niveles de lisina

	T1	T2	T3	EE	P ≥ F
Número de animales	2	2	2		
Peso al sacrificio (kg)	30.0	30.0	29.5	4.173	0.996
Peso de la canal caliente (kg)	20.410	22.035	18.910	4.041	0.866
Peso de la canal fría (kg)	20.030	21.535	18.465	4.140	0.873
Rendimiento de la canal caliente (%)	68.0	73.5	64.1	4.710	0.378
Rendimiento de la canal fría (%)	66.8	71.5	62.6	4.776	0.453
Área del ojo de la costilla (cm ²)	52.5	56.5	58.0	14.258	0.965
Espesor de grasa dorsal (mm)	12.333	13.714	11.428	1.440	0.811

Evaluación química de la canal

El contenido MS, proteína cruda, grasa y cenizas; de la costilla, jamón y paleta de los diferentes tratamientos se presenta en el **Cuadro 4.4**. Siendo similares todas las evaluaciones ($P \geq 0.05$) entre tratamientos. A excepción de la MS en el jamón una ligera diferencia ($P \leq 0.07$) pudo ser observada. Aunque no significativo, cerdos que consumieron la ración en la que se incluyó la lisina, tuvieron un mayor contenido de grasa que cerdos del tratamiento testigo. Contrario a estos resultados Schinckel y Lange, (1996) indican que la proteína corporal aumenta del nacimiento a los 45-65 kg de peso vivo aproximadamente, intervalo en el cual el empleo de lisina se torna mas relevante en la diferenciación de las características corporales del cerdo seleccionado para acumulo de carne magra. Además, Friesen *et al.* (1996) observaron que el acúmulo proteico dependía del consumo diario de

lisina arriba de un determinado nivel y las usuales recomendaciones podrían estar subestimadas para máximo acumulo proteico en la canal. En este estudio aunque no hubo diferencia significativa en la concentración de grasa en los cortes evaluados, se observó un ligero mayor contenido de grasa en los cerdos que recibieron la dieta suplementada con lisina. Al respecto investigaciones revelan que cerdos alimentados con dietas bajas en proteína adicionadas con lisina, metionina, treonina y triptofano sintéticos, excretan menos nitrógeno en heces. Además, estas dietas reducen (Le Bellego *et al.*, 2001) la pérdida de energía, como también aumentan la retención de energía metabolizable (EM) en tejidos corporales, principalmente grasa. Por lo tanto, la canal del cerdo presenta mayor cantidad de tejido adiposo (Kerr *et al.* 1995; Tuitoek *et al.* 1997).

Cuadro 4.4. Características químicas de la canal de cerdos consumiendo raciones con diferentes niveles de lisina

	T1	T2	T3	EE ¹	P<F
Materia seca (%)					
Costilla	29.34	28.15	30.32	2.36	0.813
Jamón	25.16	25.97	24.25	0.316	0.070
Paleta	18.10	18.46	18.76	5.55	0.997
Proteína cruda (%)					
Costilla	19.03	19.35	19.80	1.63	0.946
Jamón	21.65	21.26	21.23	1.20	0.864
Paleta	18.60	19.48	19.97	0.20	0.124
Extracto etéreo (%)					
Costilla	9.35	9.61	11.04	3.81	0.946
Jamón	1.16	1.46	1.53	0.11	0.179
Paleta	3.46	3.25	3.99	1.03	0.878
Cenizas (%)					
Costilla	1.08	1.17	1.05	0.077	0.591
Jamón	1.23	1.35	1.34	0.13	0.760
Paleta	1.10	1.14	1.22	0.06	0.501

¹ = Error estándar de las medias

V.- Conclusiones y recomendaciones

En el presente estudio, un aditivo nutritivo, L-lisina fue incluido en raciones para cerdos en iniciación, con el propósito de mejorar las variables asociadas con la ganancia de peso y en consecuencia mejorar el desempeño de los cerdos. Aunque en el estudio de crecimiento no se evaluó estadísticamente el consumo de materia seca y la eficiencia alimenticia; se observó una mejora numérica en el consumo de MS a la adición de lisina en la ración; mientras que la eficiencia alimenticia fue menos favorable con la adición de L-lisina. La ganancia de peso no fue afectada por la L-lisina en la dieta. De las variables de la canal evaluadas, ninguna fue afectada por la lisina en la ración. El efecto de lisina como formador de tejido magro, no se reflejó en un cambio de la composición química de la carne, no siendo diferente entre tratamientos. En conclusión, en base a los resultados de este estudio, la lisina no tuvo un efecto en la calidad de la canal. Consecuentemente, el utilizar dietas con nivel normal de PC y lisina, pudiera ser más práctico y económico que usar niveles superiores de lisina.

VI. - LITERATURA CITADA

- Anderson, L.C y A.J Lewis, 1982. Animal nutrition research highlights lysine and arginine in growing finishing diets. Nebraska swine report. E.C 82- 219:34, Department of Animal Science, University of Nebraska, Lincoln NE 68503.
- AOAC, 1997 Oficial methods of analisis 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C 1018 pp.
- Baker, D. H., R. S. Katz, and R. A. Easter. 1975. Lysine requirement of growing pigs at two levels of dietary protein. J. Anim. Sci. 40:851.
- Batterham, E.S. L.M., Andersen, D.R., Baigent y E. White, 1990 Utilization of ileal digestible amino acids by growing pigs; Effect of dietary lysine concentration on efficiency of lysine retention. Br. J. Nutr.64:81-94.
- Campbell, R. G. 1978. The response of early weaned pigs to suboptimal protein diets supplemented with synthetic lysine. Anim. Prod. 26:11-126.
- Cervantes, R.M., P. A, Araiza, S. M. Barrera. G. A. Pichardo, O. M. Torrentaza. y S. C. Eapinoza,2003. Digestibilidad biológica de lisina y treonina en trigo (*Triticum Aesiva*) para credos en crecimiento. Colegio de posgraduados Texcoco. México. Pp 129-138.
- Cervantes, R. M., G. L. Cromwell, y D. Knabe. 1997. Digestibilidad ileal de aminoácidos en dietas bajas en proteína, complementadas con aminoácidos en cerdos en crecimiento. Agrociencia 31:149-155.

- Cunha, T. J. 1960. Alimentation del cerdo. Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España. 278p.
- Cunha, T.J., 1977 Swine feeding and nutrition. Academic Press. New York .351p.
- Cline, R. T., and B. T. Richert. 2001. Feeding growing-finishing pigs. *In*: Swine Nutrition. Lewis A. J., L. L. Southern (eds). CRC Press, Washington, D.C. Pp: 717-723.
- Crampton E.W; and L.E. Harris 1969. Applied animal nutrition. The use of feedstuffs in the formulation of livestock ration, W.H Freeman editors, San Francisco USA. Pp 56-86
- Cromwell, G. L. 1996. Synthetic amino acids may improve performance, reduce nitrogen excretion. *Feedstuffs* 65: 49-51.
- Donzele, J. L. Rostagno, H.S., Albino, L.F.T 2005. Requerimiento de Lisina Utilizando el Concepto de Proteína Ideal para cerdas desde los 30 a los 60 kg, seleccionadas para Deposición de Carne Magra en la Canal. Universidad de Federal de Vinosa. Informe de investigación - 47
- Fan, M. Z, W, C Saver, R. T. Harlin, and K. A. Lien. 1994. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs; Effect of dietary amino acid level, *J. Anim. Sci* 72:2851, 2859.
- Friesen, K. G. J. L; Nelssen, R.D. Goodband, *et al.* 1996. The use of compositional growth curves for assessing the response to dietary lysine by high-lean growth gilts., *J. Anim. Sci*, 62(1):159-169.
- Figuroa, J .L., A. J. Lewis, P. S. Miller, R. L. Fischer, R. S. Gómez, and R. M. Diedrichsen. 2002. Nitrogen metabolism and growth

performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 80: 2911-2919.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climatológico de Köppen. Segunda Edición. Instituto de Geografía. UNAM. México.

García Y.G. 1993 Efecto de un promotor de crecimiento en cerdos. Tesis U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp 30-35.

García C. F. 1985. Técnicas y prácticas modernas en la cría de cerdos. Editores Mexicanos Unidos. 253p.

García, C. R. F.; R. C.; Cruz, Morones R. R; R.F. Picón. 2004. Dietas para pollo reproductor a basadas en lisina y metionina total y digestible, con adición de enzimas. *Revista Agraria-Nueva Época-XVII. VOL. 52(1)6-12*

Gibson, D. M. y A. B. J. Ullah, 1990. 6. Phytases and their action on phytic acid. En: *Inositol Metabolism in Plants* (D. J. Morre, W. F. Boss and F. A. Loewus, eds.),. Wiley-Lis, New York. Pp.77-92

Fernández, J. A., Poulsen, H. D., Boisen, S. and Rom, H. B., 1999. Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production. Denmark. *Livest. Prod. Sci.* 58, 225-242.

Hahn J.D. R.R. Biehl y D.H. Baker. 1995. Ideal digestible lysine level for early and late finishing swine. *J. Anim. Sci.*, 73: 773 – 784.

Hansen B. y A. Lewis 1993. Effects 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.*, 71:2122-2132.

Hansen. J. A., D. A. Knabe, and K. G. Burgoon. 1993. Amino acid supplementation of low-protein sorghum- SBM diets for 20-to 50 kilo gram swine. *J. Anim. Sci* 71:442-451.

Just, A., H. Jorgensen, and J. A. Fernandez. 1981. The digestive capolaty of the caecum colon and the value of the nitrogen absorbed from the hindgut for protein synthesis in pigs. *Brit. J. Nutr.* 46:209-219.

Katz, R. S., D. H. Baker, C. E. Sasse, A. H. Jensen, and B. G. Harmon. 1973. Efficacy of supplemental lysine, methionine and rolled oats for weanling pigs fed a low-protein corn-soybean meal diet. *J. Anim. Sci.* 37:284-285.

Kerr, B. J., F. K. McKeith, and R. A. Easter. 1995. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 73: 433-440.

Kephart, K. B., and G.W. Sherrit. 1990. Performance and nutrient balance in growing swine fed low-protein diets supplemented with amino acids and potassium. *J Anim. Sic.* 68- 1999-2008

Knowles T.A., L.L. Southern y T.D. Bidner. 1998. Ratio of total sulfur amino acids to lysine for finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 76: 1081-1090.

Le Bellego, L., J. van Milgen, S. Dubois, and J. Noblet. 2001. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 79:1259-1271.

- Liddle, A. R., M. Green, C.K. Conrad, and J.A. Williams. 1986. Proteins but not amino acids, carbohydrates, or fats simulate cholecystinin secretion in the rat. *Am. J. Physiol.* 251 (Gastrointestinal liver Physiology.14) : 243-G248.
- Iowa State University of Science and Technology. Ames, Iowa Cooperative Extension Service. June 1990. As-234.
- Maga, J. A. 1982. Phytate: its chemistry, occurrence, Food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. *J. Agr. Food Chem.* 30:1-9.
- Maynard, L. A., J.K. Loosli, F. H. Haroid and G. W. Richard, 1979. *Animal nutrition.* Mc Graw-Hill Book Company. New York.
- McDonald P. 1975 *Nutrición animal.* Departamento de Bioquímica Agrícola de la Escuela de Agricultura de Edimburgo, Inglaterra Pp 49-64.
- McWard. G. W., D. E. Becker, H. W. Norton, S. W. Terrill, and H. Jensen. 1956. The lysine requirement of weanling swine at two levels of dietary protein. *J. Anim. Sci.* 18:1059-1066.
- Meade, R. J., J. T. Typpo, M.E. Tumblinson, J. H. Goihl, lysine and methionine supplementation, on rate and efficiency of gain of pigs weaned at an early age. *J. Anim. Sci.* 24:626-623.
- Mitchell, J. R., Jr., D. E. Backer, A. H. Jensen, H. W. Norton, Beeson. G. Harmon. 1965. Caloric density of the diet and the lysine need of growing swine. *J. Anim. Sci.* 24:977-1986.
- Noblet, J., Y. Henry, and S. Dubois. 1987. Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 65: 717-726.

- NRC, 1988 Nutrient Requirements of Swine 9th Ed. National Academy Press, Washington, D.C. 93 p
- NRC 1998 Nutrient Requirements of Swine 10th Ed. National Academy Press, Washington, D.C. 189 p
- Saver, W. C. S. C., Strothers and G.D. Phillips, 1977. Apparent availabilities of amino acids in corn, wheat and barley of growing pigs. *Can J Anim. Sci* 57:775-585
- Schinckel, A.P., y C.F.M Lange,. 1996. Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. *J. Anim. Sci.*, 74(8):2021-2036.
- Shimada, A. 1983. Fundamentos de nutrición animal comparativa. 1 edición. Asociación Americana de Soya. P 44, México.
- Steel R. G. D. and J. H. Torrie. 1988 Principles and procedures of statistics. A biometrics Approach. 2nd Ed. McGraw-Hill, New York, USA. 622 p.
- Trindade Neto, M.A.1999. Concentraciones de lisina para suínos nas fases iniciais de crescimento: efectos no desempenho, no balanço de nitrogênio e na composição corporal. 1999. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista. 103p.
- Uribe, G. J. 1995. Evaluación de dos promotores de crecimiento (POCR- 1), (POCR- 2) y el aminoácido lisina; sobre el comportamiento productivo del cerdo en crecimiento – desarrollo. Tesis. U.A.A.A.N. Buenavista , Saltillo, Coahuila. Mexico. P 46.

VII.-ANEXOS

Espeor de la grasa dorsal.

Anexo I: Análisis de varianza del espeor de la grasa dorsal.

	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	2	5.333496	2.666748	0.2143	0.811
Error	15	186.666504	12.444433		
Total	17	192.000000			

C.V. = 28.60% EE = 249.444

Área del toráxica.

Anexo II: Análisis de varianza del área del toráxica.

	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	2	580.031256	290.015625	0.8376	0.545
Error	15	5193.750000	346.250000		
Total	17	5773.781250			

C.V. = 26.07% EE= 1316.145

Altura a la cruz.

Anexo III: Análisis de varianza de la altura a la cruz.

	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	2	7.113281	3.556641	0.4477	0.652
Error	15	119.164063	7.94271		
Total	17	126.27744			

C.V. = 6.32% EE= 199.283

Área del ojo de la costilla

Anexo IV: Análisis de varianza del área del ojo de la costilla.

	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	2	32.333984	16.166992	0.0373	0.965
Error	3	1301.000000	433.666656		
Total	5	1333.333984			

C.V. = 37.41% EE= 1472.586

Rendimiento de la canal caliente.

Anexo V: Análisis de varianza del rendimiento en canal caliente.

	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	2	0.012166	0.006083	1.3714	0.378
Error	3	0.013306	0.004435		
Total	5	0.025472			

C.V. = 9.761% EE= 4.7090

Rendimiento de la canal fría.

Anexo VI: Análisis de varianza del rendimiento en canal fría.

	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	2	0.009901	0.004950	1.0467	0.453
Error	3	0.014189	0.004730		
Total	5	0.024089			

C.V. = 10.34 % EE= 4.776

