



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

---

**MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN  
Y DE LA SALUD ANIMAL**

**EFFECTO DE LA REDUCCIÓN DE PROTEÍNA EN DIETAS PARA  
POLLOS DE ENGORDA SOBRE EL COMPORTAMIENTO  
PRODUCTIVO Y CALIDAD DE LA CANAL**

## **TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA:**

**MVZ. JOSE LUIS GIL MEJIA**

**TUTOR PRINCIPAL: MSc. ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ**

**COMITÉ TUTORAL: Dr. CARLOS LÓPEZ COELLO  
PhD. CARLOS MARTÍNEZ AMEZCUA**

**MEXICO, D. F.**

**2009**

## **DECLARACIÓN**

**Doy mi consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, para que esta tesis esté disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.**

**Atentamente**

---

**MVZ. José Luis Gil Mejía**

## **DEDICATORIA.**

**A mis padres Pedro Gil y Josefina Mejia, que gracias a su apoyo incondicional he podido cumplir mis objetivos, a lo largo de mi vida, sin pedir nada a cambio.**

**A mis hermanos y sobrinos que son motivo de estímulo para lograr lo propuesto y ser un ejemplo, para que ellos continúen estudiando y ser mejores personas, humildes y honestas.**

**A Dios, ya que me ha permitido mantenerme sano hasta la fecha y espero me que permita concluir satisfactoriamente mis estudios hasta el final.**

## **AGRADECIMIENTOS.**

A la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, por las facilidades para cursar mis estudios de Maestría en Ciencias de la Producción y Salud Animal.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada para la realización de mis estudios de Maestría.

Al Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv), de la Facultad de Medicina Veterinaria de la UNAM. Y a todo el personal que se encuentra en este lugar.

A la empresa Ajinomoto, por los análisis realizados y el financiamiento de este estudio.

A mi tutor principal, Dr. Ernesto Ávila González, por su gran sabiduría y experiencia en el área de la nutrición, su paciencia inagotable, amistad y las gracias por el trabajo que llegó en buenos términos.

Al Dr. Carlos López Coello, por su gran apoyo en la realización de este trabajo, amistad y sabiduría en el conocimiento de la nutrición.

Al Dr. Carlos Martínez Amezcua, por su gran conocimiento en el área de la nutrición, especialmente en el uso de aminoácidos industriales y por los consejos proporcionados.

A la Dra. Irma Tejada Castañeda, por sus observaciones en la corrección de este trabajo y por su gran experiencia en el área del conocimiento.

Al Dr. José Antonio Quintana López, por su gran preocupación por que los alumnos aprendan, ya que realmente ama su profesión y es un privilegio contar con tan buenos profesores.

Al Dr. Mariano J. González Alcorta, que gracias al Dr. Ávila pude conocer, a tan fina persona, como profesor, es excelente ya que no oculta nada de información lo cual es de agradecer, lo que le interesa es que los alumnos aprendan realmente.

**Al Dr. Arturo Cortes Cuevas, ya que desde que llegue de voluntario a este centro CEIEPAv, siempre se encuentra de buen humor y eso hace que uno se sienta bien, gracias a las observaciones realizadas en este trabajo.**

**A la Dra. Maria Teresa Casaubon H. por los estudios histológicos de las vellosidades intestinales.**

## **ÍNDICE.**

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA. _____	I
AGRADECIMIENTOS. _____	II
INDICE GENERAL. _____	IV
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS. _____	VI
ANEXO. _____	VII
1. RESUMEN. _____	VIII
2. ABSTRACT. _____	IX
3. INTRODUCCIÓN. _____	1
4. Situación de la avicultura en México. _____	3
5. Proteínas y estructura química. _____	4
6. Digestión y absorción. _____	7
7. Metabolismo y síntesis. _____	8
8. Desequilibrio de aminoácidos. _____	9
9. Proteína ideal. _____	10
10. Uso de aminoácidos sintéticos. _____	13
10.1 Metionina. _____	13
10.2 Lisina. _____	15
10.3 Treonina. _____	15
10.4 Triptófano. _____	16
11. Antecedentes. _____	17
12. JUSTIFICACION. _____	28
13. HIPÓTESIS. _____	28
14. OBJETIVO. _____	28
15. MATERIAL Y MÉTODOS. _____	29
15.1 Análisis estadístico. _____	32
16. RESULTADOS. _____	33
17. DISCUSIÓN. _____	35

<b>18. CONCLUSIONES.</b>	<b>40</b>
<b>19. REFERENCIAS.</b>	<b>41</b>

## **LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.**

Cuadro 1. Clasificación nutricional de los aminoácidos. _____	47
Cuadro 2. Análisis químico y de aminoácidos de la pasta de soya y Sorgo. _____	47
Cuadro 3. Composición de las dietas experimentales en la etapa de iniciación (0-10 días de edad). _____	48
Cuadro 4. Composición de las dietas experimentales en la etapa de crecimiento (11-24 días de edad). _____	49
Cuadro 5. Composición de las dietas experimentales en la etapa de finalización (25-49 días de edad). _____	50
Cuadro 6. Datos promedio ( $\pm$ Error estándar de la media) de parámetros productivos en pollos en la etapa iniciación (0-10 días de edad). _____	51
Cuadro 7. Resultados promedio ( $\pm$ Error estándar de la media) obtenidos en pollos de 0-24 días de edad. _____	51
Cuadro 8. Datos promedio ( $\pm$ Error estándar de la media) de parámetros productivos en pollos de 0-49 días de edad. _____	51
Cuadro 9. Resultados promedio ( $\pm$ Error estándar de la media) de rendimiento de la canal, pierna con muslo, pechuga y amarillamiento de la piel. _____	52
Cuadro 10. Resultados promedio ( $\pm$ Error estándar de la media) en gramos de la canal, pierna con muslo y pechuga. _____	52
Figura 1. Estructura de los aminoácidos. _____	53



**Anexo.**

**Análisis de varianza (ANDEVA)<sup>57</sup> para ganancia de peso, consumo alimento y conversión alimenticia, en etapa de iniciación de 0- 10 días de edad. \_\_\_\_ 54**

**Resultado del ANDEVA, para longitud de vellosidades en pollos de 0-21 días de edad. \_\_\_\_\_ 55**

**Datos obtenidos del ANDEVA, para ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, en etapa de crecimiento de 0- 24 días de edad. \_\_\_\_\_ 56**

**Resultados del ANDEVA, para ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, en etapa de finalización de 0- 49 días de edad. \_\_\_\_\_ 57**

**Datos del ANDEVA, utilizada para, rendimiento de la canal, pierna con muslo, pechuga y amarillamiento de la piel, en porcentaje y en gramos. \_\_\_\_\_ 58**

## **1. RESUMEN.**

### **José Luís Gil Mejía: Efecto de la reducción de proteína en dietas para pollos de engorda sobre el comportamiento productivo y calidad de la canal.**

Se realizó un estudio, con el propósito de evaluar el comportamiento productivo, el rendimiento en canal y pigmentación de la piel de pollos de engorda, al ser alimentados con dietas con reducción de proteína. Se formularon dietas sorgo + soya (testigo) siguiendo las recomendaciones del manual de la estirpe Ross 308 en 3 etapas; iniciación de 0 a 10 días de edad (24% PC), crecimiento de 11 a 24 días de edad (22% PC) y finalización de 25 a 49 días de edad (20% PC) y dietas con una disminución de la proteína cruda en 1.0, 2.0 y 3.0 unidades porcentuales para cada etapa, pero con contenidos similares de los aminoácidos más limitantes metionina, lisina y treonina. Se empleó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos, cada uno con 4 repeticiones de 32 pollos Ross 308 de 1 día de edad. Al final del estudio a 49 días de edad, a los datos de comportamiento productivo, rendimiento en canal y pigmentación amarilla en frío, se les realizaron los análisis estadísticos conforme a un diseño completamente al azar. Los resultados productivos, no mostraron diferencia entre tratamientos para ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia ( $P>0.05$ ). Los datos para rendimiento de canal, pierna con muslo, rendimiento en pechuga y pigmentación de la piel tampoco mostraron diferencia entre tratamientos ( $P>0.05$ ). Se puede concluir, que se pueden emplear dietas hasta 3 unidades porcentuales más bajas en proteína de las recomendaciones del manual de la estirpe, pero con contenidos similares de los aminoácidos más limitantes metionina, lisina, y treonina.

**Palabras clave: POLLOS DE ENGORDA, DIETAS BAJAS EN PROTEINA, METIONINA, LISINA Y TREONINA.**

## **2. ABSTRACT.**

### **José Luis Gil Mejía: Effect of protein reduction in diets for broilers on productive performance and carcass quality.**

An experiment was conducted in order to study the productive performance, yield carcass and skin pigmentation of broilers, fed diets with reduction in protein. Sorghum + soybean diets (control) following the recommendations of the manual breed in 3 phases; starting from 0 to 10 days of age (24% PC), growing of 11 to 24 days of age (22% PC) and finishing of 25 to 49 days of age (20% PC) and diets with a reduction in crude protein at 1.0, 2.0 and 3.0 percentage unit for each phase, but with similar content of the most limiting amino acids methyonine, lysine and threonine. A completely randomized design was used with 4 treatments, each with 4 repetitions of 32 chickens Ross 308, 1 day old. At the end of the study 49 days of age, the data of productive performance, yield carcass and yellow pigment, were statistical analysed on a completely randomized design. The productive results showed no significant differences among treatments for weight gain, feed consumption and feed conversion ( $P > 0.05$ ). The data for yield carcass, thigh with leg, breast yield and yellow pigmentation of the skin showed no significant differences among treatments ( $P > 0.05$ ). It can be concluded that diets can be used up to 3 percentage unit lower in protein of the recommendations of handbook of the genetic line, using a similar content of the most limiting amino acids methyonine, lysine and threonine.

**Keywords: BROILERS, LOW PROTEIN IN DIETS, LYSINE, METHYONINE AND THREONINE.**

### **3. INTRODUCCIÓN.**

La avicultura es la principal transformadora de proteína vegetal a proteína animal. Esta actividad representa más del 60% de la producción pecuaria del país de donde seis de cada 10 personas, es decir el 63.24% incluyen en su dieta productos avícolas como huevo y pollo. El alimento balanceado es el rubro que participa con más del 60% en los costos de producción (61% para huevo y 67% para pollo). En el periodo 1994-2007 el consumo de insumos agrícolas creció a un ritmo anual de 3.4%; en la actualidad se consumen 13.5 millones de toneladas de alimento balanceado, el 60% es grano, 23% pastas oleaginosas y 17% otros ingredientes<sup>1</sup>.

Por el mejoramiento continuo de las líneas genéticas en los pollos de engorda, las casas comerciales recomiendan contenidos elevados de proteína en las dietas, esto ha centrado su atención en la revisión de muchos aspectos, en el área de la nutrición y alimentación. La principal razón, es que la alimentación representa el mayor costo en el proceso de producción. La nutrición también influye en el hecho, de que el producto obtenido no tenga las características deseadas por el consumidor, tanto por falta de uniformidad, como por características organolépticas indeseables o por el aspecto final<sup>2</sup>.

La energía, la proteína, y el fósforo son los nutrimentos más caros de la ración; la reducción proteica es una de las vías que se pueden utilizar para disminuir los costos de producción. El nivel de proteína en la ración va a depender del contenido y disponibilidad de aminoácidos esenciales de los ingredientes, aminoácidos industriales disponibles y de los aminoácidos más limitantes de cada dieta. Por otro lado, es necesario que el nivel de proteína de la ración, sea suficiente para asegurar que se satisfagan los requerimientos de los aminoácidos esenciales y exista suficiente cantidad de nitrógeno para síntesis de aminoácidos no esenciales<sup>3</sup>.

En México, la combinación sorgo + pasta de soya, es la más utilizada en dietas para pollos de engorda; siendo los que aportan la mayor cantidad de energía y proteína<sup>4</sup>. Cabe señalar, que en este tipo de dietas, los primeros tres aminoácidos limitantes para pollos son la metionina, lisina y treonina<sup>5</sup>.

En realidad, más que necesidades proteicas, las aves tienen necesidades de aminoácidos esenciales, para sintetizar las proteínas musculares. El 40-50% de las necesidades proteicas del animal son de aminoácidos esenciales, el porcentaje restante es de los aminoácidos no esenciales. La falta o disminución de cualquier aminoácido esencial determina la interrupción de la síntesis de las proteínas<sup>6</sup>.

La suplementación de aminoácidos industriales como; metionina y lisina en dietas para pollos de engorda, ha sido utilizada desde hace tiempo y con la disponibilidad comercial de la treonina desde hace algunos años, los nutriólogos pueden disminuir aun más los niveles de proteína en las dietas<sup>7,8</sup>.

Otras ventajas que se tienen por el empleo de aminoácidos industriales son; la utilización de ingredientes alternativos en dietas para aves, siempre garantizando los niveles de estos aminoácidos y la reducción del nivel proteico del alimento balanceado para satisfacer las necesidades zootécnicas (rendimiento animal), económicas (reducción de costo de formulación/producción) y ambientales (reducción de la contaminación ambiental) de la producción<sup>9,10,11,12</sup>.

Con estos antecedentes, el presente estudio se llevó a cabo para evaluar el comportamiento productivo y calidad de la canal en pollos de engorda Ross 308, alimentados con dietas con reducción en proteína cruda de acuerdo al Manual de la estirpe y suplementadas con los aminoácidos industriales, metionina, lisina y treonina.

#### **4. Situación de la avicultura en México.**

La producción de carne de pollo cerró el 2007 con 2.7 millones de toneladas. Se estima un crecimiento de 3.0% para el 2008. En el 2007 la avicultura generó 1, 120,000 empleos de los cuales 187,000 son directos y 933,000 indirectos; cabe destacar que el 60% de los empleos lo genera la rama avícola del pollo de engorda. Se espera un crecimiento en los empleos para el 2008 de 2%. La carne de pollo es preferida a otras carnes por su calidad, fresca y por ser accesible (mayor punto de venta, mejor precio). Su consumo se ha incrementado en 61% al pasar de 15.83 kg en 1994 a 25.47 kg en el 2007. Se crecerá a un menor ritmo sin perder la competitividad de las empresas, debido al aumento de la demanda de etanol y al impacto del incremento en los precios del maíz y pasta de soya sobre los costos de producción del sector. En el 2008, se estarán consumiendo alrededor de 26 kg de pollo nacional y un consumo aparente de casi 28 kg por habitante al año<sup>1</sup>.

## **5. Proteínas y estructura química.**

Las proteínas son necesarias para la formación y mantenimiento de los tejidos del cuerpo. Esta función se lleva a cabo por los aminoácidos, que se combinan para formar proteínas<sup>13</sup>.

Las proteínas para la alimentación de las aves son de dos clases; de origen animal y de origen vegetal. La proteína animal es superior a la de origen vegetal, debido principalmente a su alto contenido de aminoácidos esenciales, minerales y al aporte de varias vitaminas del complejo B; sin embargo, si las proteínas vegetales se procesan adecuadamente y se complementan con aminoácidos, minerales y vitaminas, su valor nutritivo será similar al de las proteínas animales<sup>14</sup>.

El término proteína proviene de la palabra griega proteios, que significa “primero” o “de primera importancia”. Es el componente más importante de todos los organismos y como tal es un prerrequisito de toda la vida. En los alimentos para los animales las proteínas del alimento no pueden ser reemplazadas por ningún otro nutriente. Participan en la nutrición de todas las células del animal y en el mantenimiento, crecimiento y reproducción de todo el organismo<sup>15</sup>.

La proteína se encuentra en todas las células vivas, participa en la mayoría de las reacciones químicas vitales del metabolismo animal. La calidad de la proteína, puede ser determinada por su posible potencial para cubrir los requerimientos fisiológicos en términos de aminoácidos para mantenimiento y producción (crecimiento, reproducción, producción de huevo o carne). La calidad de la proteína es diferente, depende sobre todo la especie animal, edad, genotipo y sexo, así como el nivel de producción. Seguido de dos importantes factores con respecto a la calidad de la proteína; el primero es el perfil de aminoácidos, que es la relación de aminoácidos esenciales en la proteína y el segundo su disponibilidad<sup>15</sup>.

El término proteína abarca un grupo de compuestos orgánicos que contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Además, suelen

contener azufre, fósforo y hierro, pero la presencia de nitrógeno es la más sobresaliente un promedio de 16%<sup>4, 15</sup>.

El nivel porcentual de esos elementos en las proteínas es relativamente constante en porcentaje como se muestra a continuación<sup>15</sup>.

<b>C:</b>	<b>51.0 - 55.0</b>
<b>H:</b>	<b>6.5 - 7.3</b>
<b>O:</b>	<b>21.5 - 23.5</b>
<b>N:</b>	<b>15.5 - 18.0</b>
<b>S:</b>	<b>0.5 - 2.0</b>
<b>P:</b>	<b>0 - 1.5</b>

La estructura química de cada proteína, está determinada por la concentración y secuencia de los 20 aminoácidos que potencialmente formarán parte de ella. Esta estructura química única, da a cada proteína una alta especificidad, con respecto a la función que individualmente tienen, por ejemplo: las enzimas, son proteínas con función catalítica.

La hidrólisis de las proteínas mediante enzimas, ácidos o álcalis produce aminoácidos. Poseen un grupo nitrogenado básico (grupo amino, -NH<sub>2</sub>), y un grupo carboxílico ácido COOH

Los aminoácidos, se caracterizan, por dos grupos funcionales en la molécula (Figura 1). Como lo indicado en su nomenclatura, por el grupo amino NH<sub>2</sub> y el grupo carboxilo COOH.

Las proteínas son polímeros de aminoácidos, unidos entre sí mediante enlaces peptídicos. Existe un gran número de aminoácidos en la naturaleza; cientos de ellos son de origen biosintético; sin embargo, solo 20 son comunes en las proteínas de todos los seres vivos. Estos 20 aminoácidos presentan la misma estructura general y se clasifican: nutricionalmente como se señala en el Cuadro 1<sup>16</sup>.



No todos los aminoácidos conocidos, se encuentran en todas las proteínas en concentraciones adecuadas para soportar crecimiento y lo que es más importante, existen aminoácidos llamados esenciales que para el ave son 10 que no puede sintetizar y deben proporcionarse con la dieta.

Es conveniente, mencionar que sólo los aminoácidos de la serie L, se encuentran en las proteínas y sólo éstos pueden utilizarse en el metabolismo animal con algunas excepciones, como la metionina. La metionina se encuentra en el mercado en la forma DL y como hidroxianálogo<sup>13</sup>.

## **6. Digestión y absorción.**

La digestión incluye todos los procesos físicos y químicos por los cuales el alimento es desdoblado y preparado para la absorción. Básicamente, la digestión consiste en desdoblar las moléculas de proteína, grasa y carbohidratos en compuestos más simples. La proteína del alimento es hidrolizada hasta aminoácidos por la acción de varias proteasas que actúan en el proceso digestivo, comenzando en el proventrículo por la enzima pepsina, posteriormente, en el intestino delgado son secretadas; tripsina, quimotripsina, lipasa y carboxipeptidasa provenientes del jugo pancreático y finalmente son secretadas, peptidasas en el jugo intestinal. De esta forma los productos de la digestión como; aminoácidos, glucosa y ácidos grasos, pasan a través de la pared del intestino delgado hacia el torrente circulatorio. La absorción de los nutrientes se realiza mediante sistemas de transporte especializado. La sangre transporta los nutrientes absorbidos del alimento al hígado; de esta forma, los nutrientes son utilizados en el metabolismo<sup>4,17</sup>.

## **7. Metabolismo y síntesis.**

El metabolismo de las proteínas, es llevado a cabo sobre dos procesos opuestos que corren en paralelo. El aumento de proteína (síntesis) y el rompimiento de proteína (degradación o proteólisis) ocurren al mismo tiempo. El organismo es capaz de sintetizar aminoácidos de *Novo*, para evitar una deficiencia de aminoácidos no esenciales. Sin embargo, ante una deficiencia de aminoácidos esenciales la síntesis proteica no se lleva a cabo<sup>15</sup>.

Los aminoácidos que no son utilizados en la síntesis de proteína son eliminados y excretados vía la orina, porque no hay un mecanismo de almacenamiento. Los esqueletos carbonados de los aminoácidos son empleados para proporcionar energía y el amonio que es originado del nitrógeno de los aminoácidos, debe ser “detoxificado” y removido del cuerpo por la orina. Esto es vía síntesis en mamíferos de urea, en aves ácido úrico, proceso con un alto requerimiento de energía<sup>15,17</sup>.

## **8. Desequilibrio de aminoácidos.**

Tanto los aminoácidos suplementados como los unidos a proteínas, pueden tener también efectos adversos sobre el crecimiento, los cuales son ampliamente conocidos como desequilibrios y antagonismos. La deficiencia de un aminoácido esencial en particular, inducida por falta o exceso de uno o más aminoácidos de la dieta, se le llama desequilibrios de aminoácidos. Otro problema es el antagonismo, uno de los más conocidos entre los aminoácidos es el que existe entre la lisina y la arginina, siendo particularmente importante en las aves. El exceso de lisina en la dieta, puede ocasionar una elevación en la actividad de la arginasa renal aumentando así la degradación de la arginina. Si los niveles dietéticos de la arginina son marginales, el exceso de lisina puede ocasionar una disminución del crecimiento que puede contrarrestarse, mediante la adición de arginina a la dieta. Consecuentemente, el contenido de lisina de la ración para aves en crecimiento, no debe de exceder al de arginina. Esto no ocurre bajo condiciones prácticas. El exceso de arginina puede también antagonizar a la lisina; sin embargo, el efecto de la arginina sobre la lisina es menos grave. La toxicidad de la lisina es baja y aún niveles en la dieta hasta de 2.4%, ejerce muy poca influencia adversa sobre el crecimiento de los pollos si el nivel de arginina es adecuado<sup>17,18</sup>. Otros frecuentes son el de leucina-isoleucina-valina. En donde el exceso de leucina en las aves, antagoniza con isoleucina y valina, resultando una disminución del crecimiento<sup>17,18</sup>.

## **9. Proteína ideal.**

Cuando se formulan dietas utilizando solamente ingredientes naturales para satisfacer el primer aminoácido limitante, es posible tener un exceso de proteína cruda, la cual traerá como consecuencia la utilización ineficiente de los aminoácidos. Por lo cual, bajo esta situación puede deprimirse el desempeño productivo de las aves. Este tipo de situaciones pueden conducir a una producción avícola menos rentable, debido a que los pollitos no tienen el potencial para convertir a los aminoácidos extras en proteína corporal. Es así, necesario métodos precisos que conduzcan a una mejora en la eficiencia de la formulación, para determinar la cantidad, el balance correcto y la calidad de los aminoácidos que se requieren en las dietas para pollos de engorda.

Cabe mencionar que los requerimientos de aminoácidos esenciales (EAA), pueden ser influenciados por varios factores, entre los principales tenemos; los relacionados con la dieta (nivel de proteína y energía, presencia de inhibidores de proteasas), medio ambiente (enfermedades, densidad de población, fases de alimentación, calor, estrés al frío) y factores genéticos (sexo y carne magra vs producción de grasa). Es casi imposible estudiar todas las combinaciones de estos factores en experimentos dosis-respuesta para todos los aminoácidos esenciales. Por tal motivo los nutricionistas de cerdos y después los de aves, se dieron cuenta de este problema y diseñaron relaciones ideales de aminoácidos esenciales/lisina, así como las bases para calcular las especificaciones de aminoácidos de la dieta. La principal ventaja de utilizar un perfil de proteína Ideal es que se puede adaptar fácilmente a multitud de situaciones, dado que las relaciones ideales permanecen bastante estables.

La “proteína ideal” es un concepto antiguo definido como: una mezcla de proteínas alimenticias donde todos los aminoácidos digestibles, principalmente los aminoácidos esenciales, son limitantes en la misma proporción. Esto significa que ningún aminoácido se suministra en exceso

en comparación con el resto. Como consecuencia, la retención de proteína (ganancia respecto a consumo de proteína) es máxima y la excreción de nitrógeno es mínima. Esto es posible a través de una adecuada combinación de concentrados proteicos y aminoácidos cristalinos suplementarios. También implica que se conozca las digestibilidades verdaderas de los aminoácidos.

La formulación a un perfil de proteína considera a la lisina como el aminoácido de referencia para calcular la relación o proporción del resto de los aminoácidos esenciales, este aminoácido fue seleccionado por las siguientes razones; el análisis químico para lisina es más sencillo, comparado con la determinación de aminoácidos azufrados y triptofano. Existe una cantidad importante de información publicada sobre los requerimientos de lisina para el pollo de engorda, además de reconocer el papel metabólico de la lisina que es absorbida dentro del organismo del animal, se circunscribe a funciones anabólicas, ya que participa principalmente en la deposición de proteína corporal. Otra razón para tener a la lisina como aminoácido de referencia, es que debe considerarse que la oferta de lisina industrial, actualmente es muy accesible y económica para la industria de alimentos balanceados, esto es importante ya que la lisina es el segundo aminoácido limitante en dietas para aves después de los aminoácidos azufrados. La formulación de dietas con proteína ideal, es una opción que utiliza información de los coeficientes de digestibilidad de los aminoácidos aportados en las materias primas; inicialmente la formulación con base en aminoácidos digestibles estuvo limitada por la falta de información de los requerimientos de aminoácidos digestibles para la producción de carne de pollo.

En la actualidad, muchos nutriólogos comerciales continúan formulando con valores de aminoácidos totales, las razones de la resistencia al cambio son debidas a la desconfianza que genera el cambio, desconfianza ante las diferencias en los coeficientes reportados en la literatura, la idea

generalizada de que los ingredientes tradicionales (sorgo-maíz y pasta de soya) presentan valores altos y constantes de digestibilidad y por último, la idea errónea de que los requerimientos de aminoácidos expresados en totales ya están muy bien definidos, son precisos y han dado resultados consistentes en campo.

Por lo tanto con el concepto de proteína ideal, las fórmulas alimenticias cubren el requerimiento de aminoácidos digestibles, lo cual, en las condiciones actuales para la elaboración de alimentos balanceados parecería difícil; sin embargo, es factible por medio de combinaciones de fuentes de proteína y mayor incorporación de aminoácidos industriales. Al formular a proteína ideal y digestible de aminoácidos, se establece un mecanismo de seguridad para la correcta utilización de la proteína, aminoácidos y el nitrógeno aportado, evitando así los imbalances, excesos y deficiencias que afectan la productividad del pollo de engorda. Esto hace posible emplear el perfil de ingredientes utilizando fuentes alternas, con el fin de disminuir costos de producción por concepto de alimentación; además de lograr incrementos en la productividad. En la actualidad ha cobrado gran interés en la producción de pollos y cerdos principalmente por ciertas razones:

- 1) El precio de la proteína sigue en aumento y probablemente continuará en el futuro.
- 2) La creciente disponibilidad de aminoácidos sintéticos (metionina, lisina, treonina y triptófano) para alimentación animal. Ha permitido un mejor balance en las dietas para aves y al mismo tiempo disminuir el contenido de proteína cruda en las dietas, de esta forma disminuyendo la contaminación al medio ambiente<sup>19,20</sup>.

## **10. Uso de aminoácidos sintéticos.**

En la práctica económicamente es muy difícil, si no imposible formular dietas con ingredientes naturales, que proporcionen todos los aminoácidos esenciales (AAE), en cantidades adecuadas y al mismo tiempo que se mantenga una relación óptima del balance de los mismos con mínimos excesos<sup>21</sup>.

En la actualidad, en México es posible obtener los principales aminoácidos industriales como, metionina, lisina, treonina y triptófano, a precios competitivos, lo cual ha permitido la reducción de los niveles proteicos de las dietas y al mismo tiempo cubrir los requerimientos nutricionales de los pollos de engorda. Si a ello se suma el concepto de proteína ideal, es posible obtener dietas mejor balanceadas y contribuir a la reducción de los efectos negativos provocados por el exceso de aminoácidos<sup>22, 23, 24</sup>.

Los niveles de los AAE son de importancia vital, pues tienen una influencia significativa, tanto sobre el costo del alimento como sobre el rendimiento productivo de las aves<sup>25</sup>.

Los requerimientos de AAE se dividen en requerimientos de producción y mantenimiento. Estos están influenciados por factores; ambientales y etapas fisiológicas<sup>26</sup>.

### **10.1 Metionina.**

Los aminoácidos se obtienen por síntesis química (metionina y hidroxianalogo) ó por fermentación controlada de microorganismos (lisina, treonina y triptófano). Se añaden rutinariamente L-lisina y DL-metionina a los alimentos de monogástricos, a niveles variables de la ración, según las materias primas utilizadas y la especie animal de que se trate; en este sentido, la inclusión permite optimizar el uso de fuentes proteicas alternativas.



Los hidroxilados análogos de los aminoácidos son productos de fórmula química similar a la de algunos aminoácidos, en la que sustituyen un grupo amino por uno hidroxilo (por lo tanto no contienen nitrógeno), y un grupo ácido por una sal sódica; su utilización biológica es análoga a la de los aminoácidos; actualmente, sólo se utiliza la metionina hidroxianáloga (MHA), en forma líquida o en polvo<sup>6</sup>.

La metionina es el aminoácido esencial más limitante en la alimentación de aves. Los nutriólogos tienen la opción de cubrir los requerimientos de metionina de los animales, considerando el contenido de aminoácidos en las materias primas, así como con la adición de las fuentes industriales de este aminoácido. Los aminoácidos azufrados (metionina y cistina) son esenciales para el crecimiento, reacciones de metilación, síntesis de plumas y son importantes para la síntesis de glutatión, taurina, coenzima A, selenoenzimas y poliamidas<sup>27</sup>.

El requerimiento de metionina para el crecimiento y mantenimiento está influenciado por ciertos factores incluyendo; edad, sexo, estatus fisiológico y condiciones del medio ambiente<sup>28</sup>.

Las investigaciones generadas en cuanto a necesidades, están en las recomendaciones del manual del National Research Council NRC (1994),<sup>29</sup> las cuales indican que es de 0.50% para metionina y 0.90% para metionina + cistina como el requerimiento mínimo para pollos de 0 a 3 semanas de edad, pero los nutriólogos bajo condiciones comerciales tienden a usar niveles más altos de los recomendados de estos aminoácidos y de otros nutrientes y pueden resultar en un aumento de la canal, especialmente en el de la pechuga<sup>27,29,30</sup>.

## **10.2 Lisina.**

La lisina generalmente es considerado el segundo aminoácido limitante en dietas prácticas de pollos de engorda con pasta de soya, después de la metionina. La lisina participa en la construcción de los bloques de las proteínas, como componentes de enzimas, está presente en casi todos los tejidos del organismo animal. Es particularmente importante en el desarrollo de colágeno y en la osificación. Como un componente de los nucleótidos en el núcleo y estimula la división celular<sup>15</sup>. La lisina es considerada como el aminoácido de referencia en la formulación a “proteína ideal”<sup>30</sup>. El nivel de lisina de los alimentos de pollos de engorda, puede variar en función de la energía del alimento, edad del ave, raza, sexo y otros factores. Sin embargo, también se debe considerar la cuestión económica; el nivel de lisina que se utiliza en los alimentos esté de acuerdo con el parámetro que se desea mejorar. El principal rol de la lisina es la deposición de músculo, pero el aporte adecuado de lisina en los alimentos de pollos de engorda proporciona también una mejora en la conversión alimenticia<sup>31</sup>.

## **10.3 Treonina.**

La treonina (Tre), es usualmente el tercer aminoácido limitante, después de metionina y lisina, en dietas bajas en proteína con base en maíz o sorgo-soya, utilizadas en pollos de engorda. El requerimiento en pollos de engorda es variable. Los factores incluyen contenido de PC de la dieta, raza, edad, y sexo de los pollos, los principales ingredientes en las dietas y la aplicación del modelo respuesta, pueden todos ellos afectar la estimación de los requerimientos de este aminoácido<sup>32</sup>.

Actualmente, las investigaciones sobre los requerimientos de Tre están basadas sobre la etapa de iniciación, crecimiento y engorda de los pollos, para definir su % en relación a la lisina. La reducción del nivel de proteína,

con la suplementación de este aminoácido esencial permite, reducir costos por concepto de alimentación y no afecta los parámetros productivos<sup>33,34</sup>.

El requerimiento de treonina en aves es constante entre varios autores y representa el 65% del requerimiento de la lisina en dietas de pollos de engorda<sup>34</sup>.

#### **10.4 Triptófano.**

El triptófano (Trp) es un aminoácido esencial limitante en las dietas, también disponible a nivel comercial para los pollos. Generalmente, está clasificado como el cuarto aminoácido limitante para pollos de engorda. Además de ser esencial para síntesis de proteína, tiene muchas funciones en el metabolismo de los pollos, tales como la conversión a niacina y ser precursor de serotonina y melatonina<sup>35</sup>.

Algunas investigaciones, demostraron que el empleo de este aminoácido puede afectar los niveles de lípidos en los pollos. Existe poca información en la literatura acerca de los requerimientos Trp para pollos de engorda y algunos de esos resultados son controversiales<sup>36</sup>.

El nivel recomendado para pollos de engorda por el NRC (1994)<sup>29</sup>, de 0 a 3 semanas de edad, es de 0.20% de la dieta. Larbier y Leclercq (1994)<sup>37</sup>, determinaron que el requerimiento del mismo, expresado en relación a los niveles de lisina (proteína ideal), se encuentra en un rango comprendido entre 0.18% y 0.192% respectivamente.

## **11. Antecedentes.**

El empleo de dietas bajas en proteína cruda (DBP), suplementadas con aminoácidos industriales, es una de las áreas más importantes para la industria actual. Permite reducir costos de alimentación, hacer uso de alimentos no convencionales y al mismo tiempo ayudar al ambiente a través de la reducción de las emisiones de amoniaco y de nitrógeno en las excretas<sup>38, 39</sup>.

La disminución en el contenido de proteína cruda (PC), con suplementación de aminoácidos industriales, es factible a una unidad porcentual, a partir de una dieta con un contenido de 22%PC en pollos de engorda de 1-21 días de edad, ya que si se reduce aun más el contenido de PC son afectados los principales parámetros productivos<sup>8</sup>.

La reducción del contenido de PC en 3 unidades porcentuales, a partir de una dieta con 22%PC, en pollos de engorda de 1-17 días de edad, no afecta el comportamiento productivo y el rendimiento de la canal, pero si se reduce aún más el contenido de proteína tiende a disminuir el comportamiento productivo de los pollos y la composición de la canal es inferior en comparación al empleo de dietas normales, esto se ha visto aun cuando se han cubierto todos los requerimientos para los AAE<sup>48</sup>. Esos efectos negativos, en el comportamiento productivo, pueden ser atribuidos a uno o más de los siguientes factores; pobre contenido de nitrógeno para la síntesis de aminoácidos no esenciales (AANE); insuficiencia de la capacidad del pollo para sintetizar todos los requerimientos de AANE, especialmente Gli, Ser, Pro y Glu; disminución de los niveles de potasio o alteración del balance iónico y desequilibrios entre ciertos aminoácidos tales como Arg a Lis, Lis a Tre, entre aminoácidos de cadena ramificada y Trp a otros aminoácidos neutros. Pero, un factor específico de los antes mencionados, no puede explicar completamente la deficiencia, razón principal para no tener buen comportamiento productivo de los pollos de engorda<sup>40</sup>.

Fancher y Jensen (1989)<sup>41</sup> reportaron que la suplementación en 10% en exceso de lo recomendado por el NRC (1994)<sup>29</sup>, a dietas con 16%PC con los aminoácidos L-Arg, L-Tre, L-Ile, y Trp a DBP, para pollos de engorda de 21 a 42 días de edad, no tuvo efecto sobre ganancia de peso y conversión alimenticia.

En un experimento llevado a cabo por Ferguson et al. (1998)<sup>42</sup>, para determinar el efecto de la reducción de la PC, utilizaron 2 etapas de alimentación; cada una de ellas contó con tres dietas (alta, mediana y baja en proteína) respectivamente, iniciación 1-21 días (26.4, 24.1 y 21.9%PC) y crecimiento de 22-43 días de edad (21.4, 19.5 y 16.5%PC). Estos investigadores tomaron de referencia a la dieta más alta en proteína, a partir de la cual compararon a las otras dos restantes. En etapa de iniciación 1-21 días de edad no encontraron diferencia para ganancia de peso y consumo de alimento, pero la conversión alimenticia fue peor en la dieta con menor contenido de proteína cruda, en comparación a las otras dietas. En la fase de crecimiento la dieta más baja en proteína tuvo los efectos más negativos en los parámetros productivos. Ellos concluyeron que es factible obtener buenos resultados productivos, con 24%PC para iniciación y 19.6%PC para finalización, sin tener efectos negativos, en sus resultados.

En un estudio realizado por Kerr y Kidd (1999)<sup>43</sup>, estudiaron el efecto de reducir los niveles de PC con la suplementación de aminoácidos industriales, en pollos de engorda Ross. Disminuyeron la proteína cruda en 2, 4 y 6 unidades porcentuales durante la etapa de finalización de 28-42 días de edad, esta disminución se realizó a partir de una dieta control con 19%PC, quedando las otras dietas con 17, 15 y 13%PC. Para la fase de retiro de 42-52 días de edad, utilizaron una dieta con 18%PC y de ella redujeron la proteína en 2, 4 y 6 puntos porcentuales, quedando en 16, 14, 12%PC. Concluyeron que DBP suplementadas con aminoácidos esenciales, de

acuerdo al sistema de proteína ideal tienden a mejorar el comportamiento productivo y características de la canal de los pollos, pero no se obtienen resultados iguales que con dietas altas en proteína, con 19%PC (finalización) y 18%PC (retiro).

Aletor et al. (2000)<sup>44</sup> llevaron a cabo un estudio utilizando pollos de 21 a 42 días de edad, en donde fue disminuido el contenido de PC en las dietas de 22.5 a 21, 19, 17.2, o 15.3 %. Estos autores indicaron que la ganancia de peso fue similar entre tratamientos, pero la conversión alimenticia fue peor en los pollos alimentados con menor contenido de proteína.

Bregendahl et al. (2002)<sup>45</sup> estudiaron los efectos del uso de DBP, sobre el comportamiento productivo y composición de la canal en pollos de engorda de 7 a 21 días de edad. Realizaron tres experimentos; en el primero una dieta alta en proteína (23 %PC) y tres DBP (18.6, 18.7y 18.9%PC), en el segundo una dieta alta en proteína (23%PC) y cuatro DBP (18.5, 18.55, 18.6 y 18.65%PC) y en el tercero emplearon una dieta alta en proteína (23%PC) y cinco DBP (17.6, 18.2, 18.8, 19.48 y 19.4%PC). Estos investigadores concluyeron, que DBP en los tres experimentos se obtuvo un menor comportamiento productivo y la calidad de la canal se vio afectada (aumento de grasa). Sin embargo, los pollos alimentados con DBP, eliminaron menor cantidad de nitrógeno en excretas.

Brook et al. (2003)<sup>46</sup> indicaron hallazgos similares, cuando la PC se redujo de 23 a 15 % en pollos de engorda de 7 a 21 días de edad, ya que las dietas bajas en proteína, fueron formuladas para contener la misma cantidad de aminoácidos que las dietas testigo. Sin embargo, indicaron que el crecimiento disminuye cuando la PC es menor al 15 %, aun cuando tengan igual contenido de aminoácidos que dietas testigo.

**Sohail et al. (2003)<sup>47</sup> estudiaron si la glicina sintética puede reemplazar a la proteína dietaria y mejorar el comportamiento productivo en pollos de engorda comerciales. Para el experimento utilizaron tres etapas productivas; para cada una de ellas emplearon tres dietas una dieta alta en proteína, la segunda con 15% menos de proteína de la dieta control y la última dieta era la dieta disminuida en 15%+ Met+Lis, para igualar a dietas altas en proteína. Al mismo tiempo tres niveles de Gli se suplementaron (0, 0.05 y 1 %), respectivamente para cada dieta. Esta misma práctica se llevó a cabo para cada fase de alimentación. Quedando de la siguiente manera los niveles de proteína; iniciación de 1-21 días (20.8, 18.3 y 18.5%PC), crecimiento de 22-42 días (18.6, 16.4 y 16.6%PC) y finalización de 43-49 días de edad (16.8, 14.9 y 15%PC). Estos investigadores concluyeron que la adición de glicina (0.05, 1%) a dietas con y sin suplementación con Met+Lis, no tienen efectos en el comportamiento productivo. Sin embargo, la adición de 0.1% de Gli tiende a reducir el peso durante las primeras 3 semanas de edad. Se necesitan más estudios para determinar los efectos de la suplementación de glicina con otros aminoácidos limitantes, tales como treonina y triptofano sobre el comportamiento productivo de los pollos.**

**Dean (2005)<sup>48</sup> evaluó el efecto de la PC en pollos de engorda de 1 a 17 días de edad por reducción de la PC desde 22 % hasta 16 % mientras mantenía la misma cantidad de aminoácidos en las dietas. Se indicó que la PC puede ser reducida en 3 % desde 22 % a 19 % sin afectar el comportamiento productivo y el rendimiento de la canal. Posteriormente, observó que al suplementar una dieta con 16 % de PC con todos los aminoácidos esenciales igual que las dietas control, son afectados los principales parámetros productivos.**

**Una serie de estudios se llevaron a cabo en la Universidad del Estado de Louisiana, para determinar el nivel óptimo de aminoácidos esenciales que soporten un máximo comportamiento productivo, en pollos de engorda de**

0-18 días de edad, alimentados con dietas maíz-pasta de soya. Utilizaron dietas control o comerciales con 22%PC y dietas bajas suplementadas con Gli y Lis. Realizaron varios experimentos en el primero, utilizaron DBP (21.26, 21.08, 20.9, 20.7, 20.53, 20.35 y 20.16 %PC). En el segundo, emplearon DBP (20.39, 19.9, 19.5, 19.1, 18.7, 18.2, 17.8 y 17.3%PC) y en otros experimentos llevados a cabo fue similar la reducción de PC. En conclusión, la suplementación de 0.25%L-Lis a dietas maíz-pasta de soya, con igual cantidad de Met, Tre, y Gli, soportaron igual crecimiento productivo que pollos alimentados con dietas control o comerciales con 22%PC y también concluyeron que la Arg y Val son aminoácidos limitantes después de Met, Lis, Tre y Gli<sup>49</sup>.

Waldroup et al. (2005)<sup>50</sup>, determinaron en machos de 0 a 21 días de edad los efectos sobre el comportamiento productivo, alimentados con dietas bajas en proteína (16%, 18% y 20%) suplementadas con aminoácidos esenciales y no esenciales al igual que dietas altas en proteína (22%). Las dietas fueron formuladas para encontrar un mínimo recomendado de aminoácidos de 110% del NRC (1994)<sup>30</sup> para pollos de engorda de 0 a 21 días. En este estudio la disminución de los niveles de PC en las dietas de iniciación, tuvo una influencia sobre el comportamiento de los pollos, la disminución de la proteína de 22% significó una disminución de peso y un incremento de la conversión alimenticia.

En un estudio llevado a cabo por Jiang et al. (2005)<sup>8</sup>, investigaron el efecto del incremento de ciertos aminoácidos que son disminuidos cuando se utilizan DBP. En su experimento utilizaron pollos de engorda de 1-21 días de edad, empleando 5 dietas; dos control (24 y 22%PC) y tres DBP (20, 18 y 16%PC). Concluyeron que dietas con menor contenido de proteína, afectaron las ganancias de peso y conversión alimenticia cuando son



comparadas con dietas control (22 o 24%PC). Sus datos sugieren que la Gli puede ser un factor limitante en DBP<sup>7</sup>.

Dean et al. (2006)<sup>10</sup>, determinaron los efectos de dietas bajas en proteína para pollos de engorda y evaluaron la suplementación de aminoácidos esenciales y no esenciales en esas dietas. Con base en este estudio, se concluyó, que la suplementación de Gli, a una dieta de 16% PC, suplementada con aminoácidos esenciales, soporta un crecimiento y conversión alimenticia igual que pollos alimentados con una dieta típica de 22% de PC. El requerimiento de Gli es más alto en dietas bajas en proteína, que en dietas altas en PC. Este requerimiento parece ser no más bajo que 2.32% Gli + Ser para pollos de 0 a 17 días, basados sobre un análisis de valores sobre estas dietas.

Aftab et al. (2006)<sup>11</sup>, llevaron a cabo una revisión sobre la utilización de DBP en pollos de engorda y concluyeron que con el uso de aminoácidos industriales, el contenido de PC puede ser reducido en 10% para cada fase a partir de las recomendaciones del NRC (1994), quedando los niveles en 20.7, 18.0 y 16.2%PC respectivamente, para 0-21, 21-42 y 42-56 días de edad.

En la Universidad de Missouri, Columbia, USA, se llevaron a cabo una serie de experimentos, para determinar los efectos de reducir la proteína cruda, en diferentes estirpes comerciales de pollos de engorda, alimentados de un día de edad hasta la edad a mercado. En estos estudios, la proteína fue reducida a partir de una dieta comercial (dieta testigo), en 0.5, 1.0 y 1.5 puntos porcentuales y suplementadas con aminoácidos industriales como, lisina, metionina y treonina. En el primer experimento utilizaron pollos Cobb 500, en tres fases de alimentación: Iniciación de 0-14 días de edad (22, 21.5, 21 y 20.5 %PC), crecimiento de 14-28 días de edad (20, 19.5, 19 y 18.5%PC) y finalización de 28-42 días de edad (17.5, 17, 16.5 y 16%PC). Concluyeron que,

la disminución de la PC, no afectó el comportamiento productivo, rendimiento de la canal, porcentaje de grasa abdominal, producción de pechuga, muslo y alas. Al mismo tiempo se logró una disminución en el costo de las dietas bajas en PC. En su segundo experimento, utilizaron pollos de engorda Ross 308, en 4 fases de alimentación; iniciación de 0-14 días de edad (22, 21.5, 21 y 20.5%PC), crecimiento de 14-28 días de edad (20, 19.5, 19 y 18.5%PC), finalización de 28-42 días de edad (17.5, 17, 16.5 y 16%PC) y retiro de 42-49 días de edad (16.5, 16, 15.5 y 15%PC). Sus resultados fueron similares a los encontrados, cuando trabajaron con pollos de engorda Cobb 500. En su tercer experimento, trabajaron con pollos Ross 708, en 4 fases de alimentación; iniciación de 0-14 días de edad (22, 21.5, 21 y 20.5%PC), crecimiento de 14-28 días de edad (20, 19.5, 19 y 18.5%PC), finalización de 28-45 días de edad (17.5, 17, 16.5 y 16%PC) y retiro de 45-56 días de edad, (16.5, 16, 15.5 y 15%PC). Los resultados obtenidos fueron similares a los estudios anteriores. Concluyendo que la disminución de la proteína cruda en 1.5 puntos porcentuales, pero con adecuada suplementación de aminoácidos industriales, no afectaron el comportamiento productivo y el rendimiento de la canal. Sin embargo, con una disminución de proteína cruda de 2.1 puntos porcentuales, si se afectó drásticamente el comportamiento productivo, aun cuando las dietas fueron balanceadas adecuadamente con aminoácidos sintéticos<sup>5</sup>.

Solís et al. (2007)<sup>24</sup> realizaron un estudio para evaluar el comportamiento productivo, el rendimiento en la canal, grasa abdominal y la pigmentación de la piel de pollos de engorda, al ser alimentados con dietas más bajas en proteína que lo señalado para la estirpe Ross. Se formularon dietas sorgo + soya en 3 etapas iniciación de 0 a 10 días de edad (22%PC), crecimiento de 11 a 28 días de edad (20%PC) y finalización de 29 a 48 días de edad (18%PC) (testigo) y dietas con una disminución de la proteína cruda en 2.5 unidades porcentuales, para cada etapa, pero con contenidos similares de lisina,

metionina + cistina y treonina, para cada tratamiento; así mismo, incluyeron otro tratamiento similar al anterior pero menor EM (60 kcal/kg) en la dieta. En base en los resultados obtenidos, concluyeron que, la reducción de proteína en 2.5 puntos porcentuales; así como, la reducción de proteína en 2.5 puntos porcentuales y 60 Kcal de EM/Kg, en dietas sorgo+soya en tres fases de alimentación, no afectaron la ganancia de peso pero si, el índice de conversión alimenticia. La reducción en 2.5 puntos porcentuales de proteína cruda en la dieta, no afectó el rendimiento de la canal, pero incrementó la grasa abdominal en pollos de engorda de 48 días de edad.

En un estudio llevado a cabo en Suecia (Ericsson et al., 2007)<sup>51</sup>, utilizaron pollos de engorda Ross 308, con 3 dietas en etapa de iniciación (0-21 días de edad): alta en proteína (19.9 %PC), baja en proteína (16.3%PC) y baja en proteína + Met, Lis y Tre (16.4%PC). Tres dietas en etapa de crecimiento (21-70 días de edad): alta en proteína (18%PC), baja en proteína (16.4%PC) y baja en proteína + Met, Lis y Tre (16.1%PC). Las dietas bajas en proteína fueron suplementada con aminoácidos esenciales, para contener los mismos niveles que las dieta altas en proteína. Estadísticamente, no se observaron diferencias entre parámetros productivos (ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia) de 0-35 días de edad, entre la dieta alta en proteína y la dieta baja suplementada con aminoácidos, pero numéricamente los valores fueron menores que con las dietas control. El efecto del uso de dietas DBP, sobre el sistema inmune o estrés relacionado a los parámetros medidos, concluyeron que los niveles de aminoácidos utilizados en las dietas fueron suficientes para mantener a los pollos con una adecuada respuesta inmune.

Namroud et al. (2008)<sup>40</sup> estudiaron el efecto del uso de dietas bajas en proteína con pollos de engorda de 0-28 días de edad; utilizaron 8 dietas, 4 de ellas con 23, 21, 19 y 17%PC. Dos dietas con 17, 19%PC, pero

adicionadas cada una con Gli+Glu y por último las dos restantes con 17 y 19%PC y suplementadas cada una con 10% AAE. La disminución del contenido de PC, por debajo de 19%, afectó el comportamiento productivo, el apetito e incrementó el contenido de grasa en la canal y en la cavidad abdominal.

Kamran et al. (2008)<sup>52</sup> llevaron a cabo un estudio, en pollos de engorda de 1 a 35 días de edad, para determinar si DBP con una relación constante de EM:PC pueden soportar igual comportamiento productivo y características de la canal que pollos alimentados con dietas altas en proteína. En ese estudio se mantuvo la relación de EM:PC en 132, 143 y 155 en iniciación, crecimiento y finalización, respectivamente. En la fase de iniciación se utilizaron; 23, 22, 21 y 20%PC con 3036, 2904, 2772 y 2640 Kcal/kg EM ; en crecimiento se utilizó 22, 21, 20, y 19%PC con 3146, 3003, 2860 y 2717 Kcal/kg y para finalización se utilizaron 20, 19, 18 y 17%PC con 3100, 2945, 2790 y 2635 EM Kcal/kg EM. La Lis digestible fue mantenida en 1.10, 1.02 y 0.90% para cada etapa respectivamente y se mantuvo igual a los aminoácidos limitantes Met, Tre y Trp. Concluyeron que pollos de engorda alimentados con dietas bajas en proteína, con una relación constante de EM:PC, tenían efectos negativos sobre el comportamiento productivo, aun cuando los niveles de los aminoácidos esenciales se mantuvieron iguales. Los parámetros para rendimiento de la canal no fueron alterados, no se observó incremento en el contenido de grasa abdominal. En general, el mejor comportamiento productivo fue obtenido con pollos alimentados con 23, 22 y 20%PC y 3036, 3146 y 3100 Kcal/kg EM para iniciación, crecimiento y finalización, respectivamente.

Urdatela y Leeson<sup>53</sup> , 2008 llevaron a cabo un experimento para evaluar la respuesta productiva, la deposición de nitrógeno y grasa en pollos de engorda de 1 a 18 días de edad, alimentados con diferentes niveles de

proteína cruda; 25, 23, 21, 19 y 17%PC y diferentes niveles de lisina; 1.47, 1.17, 1.21, 1.11 y 1.01%. Se observó que conforme era disminuido el contenido de proteína cruda en las dietas, se afectaban los principales parámetros productivos como; ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y aumentó el contenido de grasa. Los autores sugieren, que cuando la relación de lisina: PC es mantenida a 5,7%, se obtiene un óptimo comportamiento productivo en pollos de engorda a los 18 días de edad, esto es alcanzado con dietas entre 21 a 25% de PC, dependiendo del costo de la dieta.

Santiago (2008)<sup>54</sup> llevó un estudio, para evaluar tres programas de alimentación en pollos de engorda Ross 308, formulados bajo el concepto de proteína ideal. El primer programa, constó de 2 fases de alimentación; iniciación de 0-21 días de edad (22 y 20%PC) y finalización de 22-49 días de edad (20 y 18%PC). El segundo programa, constó de 3 fases de alimentación; iniciación de 0-21 días de edad (22 y 20%PC), crecimiento de 22-42 días de edad (20 y 18%PC) y finalización de 43-49 días de edad (18 y 16%PC). El tercer programa, constó de 4 fases de alimentación; pre-iniciador de 0-7 días de edad (23 y 21%PC), iniciación de 8-21 días de edad (22 y 20%PC), crecimiento de 22-35 días de edad (21 y 19%PC) y finalización de 36-49 días de edad (19 y 17%PC). Los datos obtenidos para sus principales variables en estudio; ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, rendimiento de la canal, contenido de proteína, grasa y pigmentación de la piel en pollos de engorda alimentados bajo dos, tres y cuatro fases de alimentación, con dietas altas en proteína y dietas reducidas en proteína (2%) para cada fase, adicionadas con los aminoácidos más limitantes metionina, lisina y treonina en dietas sorgo+soya en un primer experimento y dietas sorgo+soya, gluten y harina de carne, en el segunda experimento, los resultados obtenidos fueron similares. Esto indica que la formulación a proteína ideal y el uso de aminoácidos industriales, permite

**reducir la proteína en la formulación de dietas para aves, sin detrimento en sus variables productivas, en dietas de pollo de engorda.**

## **12. JUSTIFICACION.**

Debido a que el alimento representa la mayor inversión en el proceso de producción (carne o huevo), es conveniente buscar alternativas que ayuden a disminuir el costo del mismo. Una de ellas es la utilización de dietas con menor contenido en proteína cruda y esto se logra, mediante la utilización de aminoácidos cristalinos industriales; los cuales proporcionan ciertas ventajas como; disminuir gastos por concepto de alimentación y al mismo tiempo ayudar al ambiente a través de la reducción de las emisiones de amoniaco y de nitrógeno en las excretas.

## **13. HIPÓTESIS.**

La disminución del contenido de proteína, en dietas para pollos de engorda mediante la utilización de aminoácidos industriales, no afecta el comportamiento productivo y la calidad de la canal.

## **14. OBJETIVO.**

Evaluar el efecto de dietas con diferentes niveles de proteína, pero similares en el contenido de los aminoácidos más limitantes, sobre el desempeño productivo y calidad de la canal en pollos de engorda en tres etapas productivas.

## **15. MATERIAL Y MÉTODOS.**

El trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en Santiago Zapotitlán Delegación Tlahuac, DF. México; a una altitud promedio de 2235 m.s.n.m.; en los paralelos 19° 17'30" longitud oeste. Presenta un clima templado subhúmedo, con una temperatura anual de 16°C y una precipitación pluvial media de 600 a 800 mm<sup>55</sup>.

Se utilizaron 512 pollitos mixtos (mitad hembras y mitad machos), de la estirpe Ross 308 de 1 día de edad con un peso promedio inicial de 40 g; los cuales fueron alojados en una caseta de ambiente natural con cama de viruta de madera. Se aplicó un calendario de vacunación, que consistió en la aplicación de una vacuna emulsionada combinada Newcastle-Influenza Aviar (0.5ml/ave) y otra con virus vivo modificado contra la enfermedad de Newcastle (vía ocular 1 gota por ave) a los 10 días de edad. Los pollitos se distribuyeron al azar en 4 tratamientos con 4 repeticiones de 32 aves cada una (mitad hembras y mitad machos).

Los 4 tratamientos fueron con dietas prácticas sorgo+pasta de soya. Previamente determinando, su contenido de aminoácidos esenciales y proteína (Cuadro 2)\*, a los ingredientes (sorgo y pasta de soya), mediante el método de oxidación e hidrólisis ácida, para determinar aminoácidos azufrados, hidrólisis alcalina para triptófano e hidrólisis ácida para el resto de los aminoácidos. Posteriormente, se formularon dietas sorgo+soya para 3 etapas; de iniciación de 0 a 10 días de edad (Cuadro 3), crecimiento de 11 a 24 días de edad (Cuadro 4) y finalización de 25 a 49 días de edad (Cuadro 5) que cubrieron las recomendaciones de nutrientes para pollos de engorda de la estirpe Ross 308<sup>56</sup> y con reducción en 1, 2 y 3 unidades porcentuales

---

\* Ajinomoto Heartland LLC.



de proteína pero con los mismos niveles de lisina, metionina y treonina para cada tratamiento. Como se presenta a continuación:

**Tratamiento 1.- Dietas testigo**

**Tratamiento 2.- Dietas con 1.0% en reducción de proteína cruda**

**Tratamiento 3.- Dietas con 2.0% en reducción de proteína cruda**

**Tratamiento 4.- Dietas con 3.0% en reducción de proteína cruda**

En general se aprecia que el reducir el contenido de proteína cruda en las dietas, trae consigo una mayor suplementación de metionina, lisina y treonina.

El alimento y el agua se ofrecieron a libre acceso durante todo el experimento. Se llevaron registros de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia.

A los 21 días de edad, se sacrificaron cinco pollos por tratamiento, los que fueron identificados individualmente, a fin de hacer cortes histológicos de intestino, con el fin de medir la longitud de las vellosidades intestinales en yeyuno. Este estudio, se realizó en el laboratorio de patología del Departamento de Producción Animal: Aves de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al final del estudio 49 días de edad, para la determinación del rendimiento de la canal, pechuga, pierna con muslo y pigmentación amarilla de la piel en frío, se sacrificaron ocho aves por tratamiento (un macho y una hembra por replica). Las aves antes del sacrificio fueron sometidas a un proceso de ayuno durante ocho horas, se identificaron y pesaron individualmente antes del sacrificio. Posteriormente, se procesaron bajo condiciones comerciales, en el rastro propiedad del CEIEPAV. Fueron colgadas las aves individualmente, posteriormente se insensibilizaron utilizando un aturdidor comercial, generalmente se realiza por electricidad a bajo amperaje (10 a 12 mA por ave durante 10 seg); el sacrificio se realiza mediante un corte unilateral en la carótida o yugular, el desangrado duro de 1.5 a 2.5 minutos, posteriormente pasan por el proceso de escaldado (51°C durante 30 a 40

seg), desplume, lavado y enfriamiento de las canales<sup>57</sup>. A las canales se les evaluó individualmente la coloración amarilla de la piel de la pechuga con un colorímetro de reflectancia Minolta CR-400. La medición se realizó en el área de la vena de la grasa (región del apterilo lateral), debido a que esta región no presenta plumas y vasos sanguíneos de gran calibre. La calibración del colorímetro se realizó con fondo blanco<sup>58</sup> y por último la evisceración, se realizó manualmente cortando la cloaca circularmente y haciendo un segundo corte perpendicular al corte de la cloaca, para facilitar la extracción de las vísceras. La molleja, intestinos, hígado, corazón, bazo y finalmente el buche fueron extraídos. Las canales fueron pesadas y se procedió a separar la cabeza y patas, posteriormente se volvieron a pesar las canales, para llevar a cabo los cortes respectivos; pechuga, pierna con muslo y así determinar el rendimiento<sup>57</sup>.

### **15.1 Análisis estadístico.**

A las variables en estudio, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, longitud de vellosidades, rendimiento en canal, rendimiento en pechuga, rendimiento de pierna con muslo y pigmentación amarilla de la piel, se les realizó un análisis de varianza conforme a un diseño completamente aleatorizado. El paquete estadístico computacional con el que se realizó el análisis de los datos acorde al diseño experimental empleado, fue el SPSS 10.0 para Windows<sup>59</sup>. La unidad experimental en cada uno los parámetros fue cada réplica.

El modelo estadístico empleado fue:

$$y_{ij} = \mu_i + T_i + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

$y_{ij}$  = respuesta de la unidad experimental “j” del tratamiento “i”

$\mu_i$  = promedio de las respuestas de todas las unidades experimentales que recibieron el tratamiento “i”

$T_i$  = Efecto del i-ésimo nivel de proteína sobre la variable de respuesta

$\varepsilon_{ij}$  = error o residual de la unidad “j” que recibió el tratamiento “i”

## **16. RESULTADOS.**

Los análisis de varianza (ANDEVA), para cada etapa productiva y para el largo de las vellosidades del intestino medio, son presentados en el Anexo. Los resultados acumulados de los parámetros productivos son presentados a continuación: En la etapa de iniciación comprendida de 0-10 días de edad (Cuadro 6), para las variables en estudio; ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0.05$ ). Se observa que los resultados, fueron muy parecidos en los distintos tratamientos. En cuanto a la mortalidad está fue en general baja en todos los tratamientos.

Para el periodo comprendido de 0-24 días de edad (Cuadro 7), no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos para las variables en estudio, se apreció que la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia fueron similares entre los tratamientos ( $P>0.05$ ). La mortalidad fue baja en los tratamientos.

La etapa comprendida de 0-49 días de edad (Cuadro 8), no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0.05$ ). No obstante que en los tratamientos 3 y 4 con 2 y 3% de reducción de PC en las dietas se ven menores valores de ganancias de peso y mayores conversiones alimenticias, que en los tratamientos 1 y 2; testigo y con 1% de reducción de contenido proteico en las dietas. El porcentaje de mortalidad general en el estudio fue dentro de lo esperado y fue similar entre tratamientos ( $P>0.05$ ).

### **Rendimiento de la canal**

Los datos obtenidos en los pollos de engorda a 49 días de edad, para porcentaje de rendimiento de la canal, pierna con muslo, pechuga y amarillamiento se muestran en el Cuadro 9; en cuanto a los rendimientos expresados en gramos estos aparecen en el cuadro 10. Para la variable rendimiento de la canal, pierna con muslo, rendimiento de la pechuga ya sea en porcentaje o en gramos, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0.05$ ). Los resultados obtenidos en pigmentación amarilla de la piel en frío, no mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos ( $P>0.05$ ), la reducción proteica de las dietas no afectó el consumo de alimento, por lo que el consumo de xantofilas fue similar entre tratamientos y por lo tanto el color de la piel fue semejante.

## **17. DISCUSIÓN.**

De los resultados obtenidos, en las etapas de producción del pollo de engorda Ross 308, se deduce lo siguiente:

Para la etapa de 0 a 10 días de edad, los resultados para los parámetros productivos; ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, no se encontraron diferencias entre tratamientos. Resultados similares fueron obtenidos en otros estudios llevados a cabo por otros investigadores. Guaiume (2007) disminuyó la proteína cruda a partir de una dieta comercial de 22%PC, quedando las dietas reducidas en 21.5, 21 y 20.5%PC, de 0-14 días de edad en pollos de engorda Ross 308, con resultados similares en ganancia de peso (291<sup>a</sup>, 292<sup>a</sup>, 297<sup>a</sup>, 286<sup>a</sup> g) y conversión alimenticia (1.42<sup>a</sup>, 1.50<sup>a</sup>, 1.52<sup>a</sup>, 1.46<sup>a</sup> g/g). En otro estudio llevado a cabo por Urdaneta y Leeson (2008), disminuyeron la PC de una dieta de 25%PC a 23 y 21%PC, en pollos de 0-14 días de edad, no encontrando diferencia significativa en ganancia de peso (312<sup>a</sup>, 288<sup>a</sup> y 312<sup>a</sup> g) y en conversión alimenticia (1.01<sup>a</sup>, 1.03<sup>a</sup>, y 1.08<sup>a</sup> g/g). En el presente estudio se obtuvieron resultados menores a los que sugiere el manual de la estirpe<sup>56</sup>, esto es debido probablemente a que las condiciones de alojamiento difieren, son naves de temperatura controlada y a que el alimento que ofrecen a sus animales es peletizado, contrario a lo experimentado en este trabajo en donde las instalaciones son de ambiente natural, con el alimento ofrecido en harina.

En los pollos sacrificados a los 21 días de edad, la longitud de las vellosidades de intestino medio, fue similar entre tratamientos, esto indica que fue suficiente la cantidad de proteína y aminoácidos esenciales para satisfacer las necesidades y por ello no se encontraron diferencias entre las dietas que recibieron los pollos.

De los 0 a 24 días de edad, los resultados productivos fueron similares entre tratamientos, al igual que en otros estudios llevados a cabo. Namroud et al. (2008), investigaron el efecto de reducir la PC, en pollos de 0-28 días de

edad, de 23%PC a 21, 19 y 17%PC, no encontrando diferencia significativa entre tratamientos. Cabe mencionar que El manual de la estirpe<sup>58</sup> para esta etapa productiva de crecimiento, señala que los parámetros acumulados deben de ser; consumo de alimento 1507g, ganancia de peso 1170g y conversión alimenticia de 1.4 g/g, obteniéndose datos diferentes a los recomendados por el manual de la estirpe, posiblemente estos resultados estén influenciados por las condiciones del alojamiento y la presentación del alimento como se señaló anteriormente.

Los resultados acumulados para la etapa de finalización de 0 a 49 días de edad, no mostraron diferencias en comportamiento productivo. Similares resultados fueron encontrados en otras investigaciones llevadas a cabo.

Santiago (2008)<sup>54</sup> llevó un estudio, para evaluar tres programas de alimentación en pollos de engorda Ross 308, formulados bajo el concepto de proteína ideal. El primer programa, constó de 2 fases de alimentación; iniciación de 0-21 días de edad (22 y 20%PC) y finalización de 22-49 días de edad (20 y 18%PC). El segundo programa, constó de 3 fases de alimentación; iniciación de 0-21 días de edad (22 y 20%PC), crecimiento de 22-42 días de edad (20 y 18%PC) y finalización de 43-49 días de edad (18 y 16%PC). El tercer programa, constó de 4 fases de alimentación; pre-iniciador de 0-7 días de edad (23 y 21%PC), iniciación de 8-21 días de edad (22 y 20%PC), crecimiento de 22-35 días de edad (21 y 19%PC) y finalización de 36-49 días de edad (19 y 17%PC). Los datos obtenidos para sus principales variables en estudio fueron: en el primer programa de alimentación obtuvo los siguientes resultados; ganancia de peso (2710.8<sup>a</sup> y 2607.5<sup>a</sup> g), consumo alimento (5475.8<sup>a</sup> y 5449.6<sup>a</sup> g) y conversión alimenticia (2.02<sup>a</sup> y 2.09<sup>a</sup> g/g). Para el segundo programa los resultados fueron; ganancia de peso (2563.3 y 2576.5 g), consumo alimento (5306 y 5359.1 g) y conversión alimenticia (2.07 y 2.08 g/g) y para el ultimo programa los resultados fueron; ganancia de peso (2651.3 y 2603.8 g), consumo de alimento (5461.6 y 5415.9 g) y conversión alimenticia (2.06 y 2.08 g/g). Los resultados antes mencionados,

así como los encontrados para rendimiento de la canal, contenido de proteína, grasa y pigmentación de la piel en pollos de engorda alimentados bajo dos, tres y cuatro fases de alimentación, con dietas altas en proteína y dietas reducidas en proteína (2%) para cada fase, adicionadas con los aminoácidos más limitantes metionina, lisina y treonina en dietas sorgo+soya en un primer experimento y dietas sorgo+soya, gluten y harina de carne, en el segundo experimento, fueron similares. Esto indica que la formulación a proteína ideal, permite reducir la proteína en la formulación de dietas para aves, sin detrimento en sus variables productivas, con dietas de pollo de engorda.

Guaiume (2007) redujo la proteína a partir de una dieta control de 17.5%PC, quedando las dietas reducidas en 17, 16.5 y 16%PC, los resultados fueron; consumo de alimento (3.9<sup>a</sup>, 4.0<sup>a</sup>, 3.99<sup>a</sup> y 3.98<sup>a</sup> kg), ganancia de peso (2.23<sup>a</sup>, 2.28<sup>a</sup>, 2.23<sup>a</sup>, 2.23<sup>a</sup> kg) y conversión alimenticia (1.75<sup>a</sup>, 1.76<sup>a</sup>, 1.76<sup>a</sup>, 1.78<sup>a</sup> Kg/kg), no encontrándose diferencias entre tratamientos, este mismo autor observo el efecto de reducir más la PC en la dieta, utilizando otra fase de alimentación de 0-49 días de edad, a partir de una dieta de 16.5%PC, se redujo en 16, 15.5 y 15%PC) obteniéndose los siguientes resultados; consumo de alimento (5.31<sup>a</sup>, 5.45<sup>a</sup>, 5.46<sup>a</sup>, 5.51<sup>a</sup> kg), ganancia de peso (2.87<sup>a</sup>, 2.93<sup>a</sup>, 2.94<sup>a</sup>, 2.87<sup>a</sup> kg) y conversión alimenticia (1.85<sup>a</sup>, 1.86<sup>a</sup>, 1.87<sup>a</sup>, 1.90<sup>a</sup> kg/kg), no encontrando diferencia entre tratamientos para, consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia. Este autor redujo más el contenido de PC de lo experimentado en este estudio, él mismo concluyó que la disminución de la proteína cruda en 1.5%, pero con adecuada suplementación de aminoácidos industriales, no afecta el comportamiento productivo y el rendimiento de la canal en pollos de engorda Ross 308.

También la información concuerda con lo encontrado por Solís et al. (2007)<sup>24</sup> que realizaron un estudio para evaluar el comportamiento productivo, el rendimiento en la canal, grasa abdominal y la pigmentación de la piel de pollos de engorda, al ser alimentados con dietas más bajas en proteína que



lo señalado para la estirpe Ross. Se formularon dietas sorgo + soya en 3 etapas iniciación de 0 a 10 días de edad (22%PC), crecimiento de 11 a 28 días de edad (20%PC) y finalización de 29 a 48 días de edad (18%PC) (testigo) y dietas con una disminución de la proteína cruda en 2.5 puntos porcentuales, para cada etapa, pero con contenidos similares de lisina, metionina + cistina y treonina, para cada tratamiento. En base en los resultados obtenidos, concluyeron que, la reducción de proteína en 2.5 puntos porcentuales, en dietas sorgo+soya en tres fases de alimentación, no afectaron la ganancia de peso pero si, el índice de conversión alimenticia. La reducción en 2.5 puntos porcentuales de proteína cruda en la dieta, no afectó el rendimiento de la canal, pero incrementó la grasa abdominal en pollos de engorda de 48 días de edad.

Por otra parte el manual de la estirpe<sup>56</sup> indica que para esta etapa los parámetros productivos deben ser; consumo de alimento 6185g, ganancia de peso 3264g y conversión alimenticia de 1.89g/g, obteniéndose valores menores a los que recomienda el manual de la estirpe Ross 308, posiblemente no se logra debido a lo comentado anteriormente. Los datos obtenidos a los 49 días de edad, no mostraron diferencia para rendimiento de la canal (%), pierna con muslo (%) y pechuga (%), como lo encontrado en otro estudio que hizo. En donde no encontraron diferencia en sus principales variables; rendimiento canal (79.5<sup>a</sup>, 78.2<sup>a</sup>, 78.25<sup>a</sup>, 77.73<sup>a</sup> %), pierna (12.38<sup>a</sup>, 12.58<sup>a</sup>, 12.71<sup>a</sup>, 12.48<sup>a</sup> %), muslo (15.3<sup>b</sup>, 15.5<sup>a</sup>, 15.3<sup>ab</sup>, 16.2<sup>b</sup> %) y pechuga (29.8<sup>a</sup>, 29.1<sup>a</sup>, 29.6<sup>a</sup>, 29.0<sup>a</sup> %)<sup>5</sup>.

Se pudo apreciar una disminución en el costo del alimento en cada etapa productiva con el uso de dietas DBP, como es presentado en los Cuadro 3, 4 y 5. Similares resultados de reducción en el costo del alimento fueron observados en otros estudios<sup>5, 54</sup>.

Los resultados obtenidos en el ciclo productivo del pollo Ross 308, indican que se puede reducir la concentración de proteína hasta en 3 unidades

porcentuales en los programas de alimentación con el uso de aminoácidos industriales; además se reduce el costo.

La reducción de la concentración de proteína cruda en las dietas, además de disminuir el costo de la dieta, tiene un impacto ambiental favorable por la disminución en la excreción de nitrógeno al medio ambiente. También la incorporación de aminoácidos, incide, en ocasiones, en mejorar las variables productivas de los animales y permite acortar los ciclos de producción<sup>54</sup>.

En la actualidad debido a la creciente demanda por otras fuentes de energía, como lo es la producción de biocombustibles (etanol y biodiesel), los precios de los productos agrícolas se han incrementado, particularmente los de granos y semillas oleaginosas. Se estima que la producción global se recupere en el 2009, pero los precios se mantendrán altos por la expansión de la demanda de estos biocombustibles. Esta demanda de energía ha originado que los granos para la producción animal se encarezcan y con esto hay una mayor demanda de aminoácidos sintéticos en la formulación de dietas, con el fin de ajustar costos de oportunidad<sup>13, 60</sup>.

Por último, es importante seguir informados sobre los avances que se generan en los distintos campos del conocimiento, uno de ellos es el expuesto en el presente trabajo, para ser promotores de la aplicación responsable de nuevas tecnologías, en particular de aquellas que sean respetuosas con el medio ambiente.

## **18. CONCLUSIONES.**

De los resultados obtenidos en el presente estudio y bajo las condiciones experimentales empleadas se puede concluir:

- 1. El comportamiento productivo de pollos Ross 308 de uno a 49 días de edad, alimentados en dietas sorgo-soya con disminución del contenido de proteína en 1, 2 y 3 unidades porcentuales en Iniciación (24%), crecimiento (22%) y finalización (20%) fue similar.**
- 2. No se encontraron diferencias en el rendimiento de la canal, pierna con muslo, rendimiento de la pechuga y pigmentación amarilla de la piel, en los pollos alimentados con dietas hasta en 3 unidades porcentuales menores en proteína en iniciación, crecimiento y finalización.**
- 3. Finalmente, con el empleo de los aminoácidos industriales (metionina, lisina y treonina), en dietas sorgo-soya se puede reducir el contenido en proteína hasta en 3 unidades porcentuales respecto al manual Ross para pollos en cada una de las etapas sin afectar el comportamiento animal, con reducción del costo de producción y menor contaminación ambiental en la producción.**

## **19. REFERENCIAS.**

1. Unión Nacional de Avicultores (UNA). Compendio de Indicadores Económicos del Sector Avícola 2008. [www.una.org.mx](http://www.una.org.mx)
2. Penz JAM. Actualidades en nutrición de aves. Décimo segundo ciclo de conferencias sobre aminoácidos sintéticos; 2000 septiembre 21; México D.F. México (D.F.): FERMEC S.A, 2000:58-59.
3. Martínez AC. Factores que impactan la digestibilidad de los aminoácidos en y entre ingredientes. Tecnología Avípecuaria en Latinoamérica. 2006:4-6
4. Ávila GE. Los nutrientes. Alimentación de las aves. Ed. Trillas. 2<sup>nd</sup> ed. México D.F, 1992:17-25.
5. Guaiume EA. Effects of reduced protein, amino acid supplemented diets on production and economic performance of commercial broilers fed from hatch to market age. (Dissertation Doctor of Philosophy). USA: University of Missouri, Columbia, 2007.
6. Flores MM y Rodríguez VM. Asignatura en nutrición animal. Nutrición Animal. España: Universidad de las Palmas de Gran Canaria. 2007.
7. Ajinomoto. Impacto de la disponibilidad de los aminoácidos industriales sobre las formulaciones en América Latina. Informe aminoácidos. 2007:1-3. [www.lysine.com](http://www.lysine.com)
8. Jiang Q, Waldroup PW and Fritts CA. Improving the utilization of diets low in crude protein for broiler chicken. 1 Evaluation of special amino acid supplementation to diets low in crude protein. International J. Poult Sci. 2005; 4(3):115-122.
9. Ciftci I and Ceylan N. Effects of dietary threonine and crude protein on growth performance, carcass and meat composition of broiler chickens. Br Poult Sci. 2004; 45(2):280-289.
10. Dean DW, Bidner TD and Southern LL. Glycine supplementation of low protein, amino acid-supplemented diets supports equal performance of broiler chicks. Poult Sci. 2006; 85: 288-296.
11. Aftab U, Ashraf M and Jiang Z. Low protein diets for broilers. World's Poult Sci. 2006; 62: 688-701.

12. Redshaw M, Payne R, Lemme A y John P. El potencial de la utilización de dietas bajas en proteína para pavos y pollos de engorde. *Aminonews* (Degussa) . 2007; 08(1). [www.aminoacidsandmore.com](http://www.aminoacidsandmore.com)
13. Cuca GM, Ávila GE y Pro MA. Alimentación de las aves. 8ªed. Chapingo, Edo. de México: Universidad Autónoma de Chapingo 1996:15-30
14. Ávila GE. Avances recientes sobre las necesidades de aminoácidos de los pollos de engorda. Memorias del cuarto ciclo de conferencias sobre aminoácidos sintéticos; 1992 septiembre 19. D.F (México). México (D.F): FERMEEX, S.A, 1992:13-19.
15. Haffner J, Kahrs D, Limper J, Mol J Peisker M, and Williams P. Amino acids in animal nutrition. Ed. AgriMedia. 1<sup>er</sup> ed. 2000:5-59.
16. Laguna J y Piña GE. Estructura y propiedades de las proteínas. *Bioquímica*. Ed. Manual Moderno. 5ª ed. México, D.F., 2002:109-110
17. Scott. LM, Nesheim MC and Young RJ. Nutrition of the chicken, M. L. Scott and Associates, Publishers, Ithaca, USA: Nueva York. 1982
18. Brake J, Balnave and Dibner JJ. Optimun dietary arginine:lysine ratio for broiler chickens in altered during heat stress in association with changes in intestinal uptake and dietary sodium chloride. *Br Poult Sci*. 1998;39:639-647.
19. Taherkhani R, Shivazad M, Zaghari M and Shahneh AZ. Comparison of different Ideal amino acid ratios in male and female broiler chickens of 21 to 42 Days of Age. *J Poult Sci*. 2008; 45:15-19
20. Morales BE. Evaluación de aminoácidos digestibles en ingredientes y el comportamiento productivo de pollos de en gorda y gallinas de postura en dietas en base a aminoácidos totales y aminoácidos digestibles mediante el concepto de proteína ideal (tesis de doctorado). Colima (Colima) México: Universidad de Colima, 1999.
21. Han y Suzuki H, Parsons MC and Baker HD. Amino acid fortification of a low-protein corn and soybean meal diet for chicks. *Poult Sci* 1992;71:1168-1178
22. Rostagno HS; Albino LFT; Donzele JL. Brazilian Tables for poultry and swine: composition of feedstuffs and nutritional requirements. 2<sup>nd</sup> ed. II International Symposium on Nutritional viciosa: MG- Brasil- March 31, 2005:1-141.

23. Rizzo MF, Deponte BJ, Silva FE, Rombola LG y Faria DE. Efectos de diferentes niveles de proteína cruda y lisina sobre el desempeño y la excreción de nitrógeno de ponedoras comerciales. *Avicultura Profesional*. 2005;(23) 1: 22- 24.
24. Solis LJ, Fuente MB, Martínez AC y Ávila GE. Evaluación de dietas bajas en proteína para pollos de engorda. *Memorias del XXXII Convención Nacional de la Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas*. 25 al 28 de abril de 2007:1-6. Acapulco Guerrero
25. Farran MT and Thomas OP. Dietary requirements of leucine, isoleucine and valine In male broilers during the starting period. *Poult Sci* 1990;69:757-762.
26. Martínez AC. Avances en definición de requerimientos de aminoácidos en pollo de engorda. *Avícola Profesional*. 2006;24(6) 14-16.
27. Lumpkins BS, Batal AB, and Baker DH. Variations in the digestible sulfur amino acid requirement of broiler chickens due to sex, growth criteria, rearing environment, and processing yiel characteristics. *Poult Sci* 2007;86:325-330
28. Chamruspollert M, Pesti GM and Bakalli RI. Determination of the methionine requirement of male and female broiler chicks using an indirect amino acid oxidation method. *Poult Sci* 2002;81:1004-1013.
29. N.R.C National Research Council. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9<sup>th</sup> ed. National Academy Press, Washington, DC. 1994
30. Waldroup P, Si JK and Fritts C. Lysine, methionine act independently in broiler diets. *Feedstuffs*. 2004;3 :11-12
31. Azcona J, Schang M. Nivel de lisina en alimentos de pollos de engorda. *Informe de investigación-35*. 2003: 1-7.
32. Barkley GR y Wallis IR. Threonine requirements of broiler chickens. *Brit Poult Sci*, 2001;42: 616-624.
33. Samadi and Liebert F. Estimation of nitrogen maintenance requirement and potential for nitrogen deposition in fast growing chicken depending on age and sex. *Poult Sci* 2006;85:1421-1429.
34. Martínez AC. L-Treonina en Dietas de Aves. *Ajinomoto & Biolatina México*. 2006. [www.lysine.com](http://www.lysine.com)

35. Briggs GM, Groschke AC and Little RJ. Effect of protein low in tryptophan on growth of chickens and on laying hens receiving nicotinic acid-low rations. *J. Nutr.* 1946;32:659-661.
36. Rosa PA, Pesti GM, Edwards HM y Bakalli R. Tryptophan requirements of different broiler genotypes. *Poult Sci* 2001;80:1718-1722.
37. Larbier M and Leclercq B. *Nutrition and Feeding of Poultry.* Nottingham University Press, Nottingham, U.K. 1994
38. Holsheimer JP and Jensen WM. Limiting amino acids in low protein maize-soybean meal diets fed to broiler chicks from 3 to 7 weeks of age. *Br Poult Sci* 1992;32: 141-158.
39. Deschepper K and Groote G. Effect of dietary protein, essential and non-essential amino acids on the performance and carcass composition of male broiler chickens. *Br Poult Sci* 1995;36: 229-245.
40. Namroud NF Shivazad M and Zaghari M. Effects of fortifying low crude protein diet with crystalline amino acids on performance, blood ammonia level, and excreta characteristics of broiler chicks. *Poult Sci* 2008, 87:2250-2258.
41. Fancher BI, and Jensen LS. Male broiler performance during the starting and growing periods as affected by dietary protein, essential amino acids, and potassium levels. *Poult Sci.* 1989;68:1385-1395.
42. Ferguson NS, Gates RS, Taraba JL, Cantor AH, Pescatore AJ, Ford MJ and Burnhams DJ. The effect of dietary crude protein on growth, ammonia concentration, and litter composition in broilers. *Poult Sci* 1998;77: 1481-1487.
43. Kerr BJ y Kidd MT. Amino acid supplementation of Low-protein broiler diets: 1. Glutamic acid and indispensable amino acid supplementation. *J Appl Poult Res.* 1999; 8:298-309
44. Aletor VA, Hamid II y Pfeffer E. Low protein amino acid- supplemented diets in broiler chickens: Effects on performance, carcass characteristics, whole-body composition and efficiencies of nutrient utilization. *J. Sci. Food y Agric.* 2000;80: 547-554.
45. Bregendahl K, Sell LJ and Zimmerman RD. Effect of low-protein diets on growth performance and body composition of broiler chicks. *Poult Sci* 2002;81: 1156-1167

46. Brooks SE, Allen HM and Firman JD. Utilization of low crude protein Diets fed to 0-3 wk broilers. *Poult Sci.* 2003;82 (Suppl. 1): 37. (Abstr.)
47. Sohail SS, Bryant MM y Roland DA. The effect of Glycine supplementation on performance of broilers fed sub-marginal protein with adequate synthetic methionine and lysine. *International J Poult Sci* 2003;2 (6): 394-397
48. Dean D. Amino acid requirements and low crude protein, amino acid supplemented diets for swine and poultry (Ph. D. Dissertation). Louisiana State University, Baton Rouge USA. 2005.
49. Waguespack AM. Low crude protein, amino acid supplemented diets, and the glycine requirement in low crude protein diets for broilers (Thesis Master). Louisiana State University, 2005.
50. Waldroup PW, Jiang Q and Fritts CA. Effects of supplementing Broiler Diets low in crude protein with essential and nonessential amino acids. *International J Poult Sci* 2005;4 (6): 425-431
51. Eriksson M, Waldenstedt L and Engstrom B. Methionine requirements for optimal health and welfare in fast-growing organic broilers. 16<sup>th</sup> European Symposium on Poult Nutrition. 2007:301- 303
52. Kamran Z, Sarwar M, Nisa M, Nadeem MA, Mahmood S, Babar ME and Ahmed S. Effect of low-protein diets having constant energy-to- protein Ratio on performance and carcass characteristics of broiler chickens from one to thirty-five days of age. *Poult Sci* 2008;87:468-474.
53. Urdaneta RM and Leeson S. Evaluation of varied dietary crude protein and lysine level at 5.7% of crude protein on productive parameters in broiler chickens. *Revista Científica, FCV-LUZ /2008;(18)2: 154 - 159*
54. Santiago GR. Evaluación de tres programas de alimentación en pollos de engorda formulados bajo el concepto de proteína ideal (Tesis: Maestro en Ciencias). D.F México: Facultad de Medicina Veterinaria de la UNAM, 2008.
55. García ME. Modificaciones al sistema de clasificación climáticas de copen para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana. México (DF). Talleres Offset Larios, 1998
56. Aviagen. Ross 308: Broiler performance objectives. June 2007:1-24 Cummings Research Park, 5015 Bradford Drive Huntsville, Alabama 35805, USA



57. Rubio GM. Procesamiento. Industrialización y comercialización del pollo productor de carne. Sistema de producción Animal I. Ed. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. 2ª ed. México D.F, 2005:195-204.
58. Vicente SJ. Pigmentación en la industria avícola. Sistema de producción Animal I. Ed. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. 2ª ed. México D.F, 2005:203-221.
59. Camacho RJ. Estadística con SPSS para windows versión 12. 1ª ed. Alfaomega grupo editor SA de CV, México D.F. 2006.
60. Avellaneda CFA. Panorama de crisis en productos agrícolas. Charla 2008. [www.lysine.com](http://www.lysine.com)

**Cuadro 1. Clasificación nutricional de los aminoácidos.**

<b>Esenciales o Indispensables</b>	<b>Semi-esenciales</b>	<b>No esenciales o dispensables</b>
<b>Arginina</b>	<b>Tirosina</b>	<b>Alanina</b>
<b>Lisina</b>	<b>Cistina</b>	<b>Ácido aspártico</b>
<b>Histidina</b>	<b>Hidroxilisina</b>	<b>Asparagina</b>
<b>Leucina</b>	<b>Glicina</b>	<b>Ácido glutámico</b>
<b>Isoleucina</b>		<b>Glutamina</b>
<b>Valina</b>		<b>Hidroxiprolina</b>
<b>Metionina</b>		<b>Serina</b>
<b>Treonina</b>		<b>Prolina</b>
<b>Triptófano</b>		
<b>Fenilalanina</b>		

Fuente: Scott et al. (1982).<sup>17</sup>

**Cuadro 2. Análisis químico y de aminoácidos de la pasta de soya y sorgo.**

<b>Fracción %</b>	<b>Pasta de soya</b>	<b>Sorgo</b>
<b>Materia Seca</b>	<b>92.22</b>	<b>87.33</b>
<b>Proteína Cruda</b>	<b>47.48</b>	<b>9.01</b>
<b>Lisina</b>	<b>3.01</b>	<b>0.19</b>
<b>Treonina</b>	<b>1.92</b>	<b>0.29</b>
<b>Metionina +Cistina</b>	<b>1.43</b>	<b>0.32</b>
<b>Arginina</b>	<b>3.67</b>	<b>0.33</b>
<b>Isoleucina</b>	<b>2.22</b>	<b>0.34</b>
<b>Leucina</b>	<b>3.77</b>	<b>1.14</b>
<b>Valina</b>	<b>2.34</b>	<b>0.43</b>
<b>Histidina</b>	<b>1.23</b>	<b>0.21</b>
<b>Fenilalanina</b>	<b>2.63</b>	<b>0.46</b>
<b>Tirosina</b>	<b>1.54</b>	<b>ND*</b>
<b>Triptófano</b>	<b>0.61</b>	<b>0.10</b>

\*ND= no disponible

**Cuadro 3. Composición de las dietas experimentales en la etapa de iniciación (0-10 días de edad).**

<b>Ingredientes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Sorgo	500.632	528.336	555.768	583.201
Pasta de Soya	409.42	383.156	356.944	330.732
Aceite Vegetal	43.175	40.106	37.124	34.142
Ortofosfato	18.398	18.52	18.642	18.765
Carbonato de calcio	16.641	16.692	16.743	16.794
Sal	3.813	3.82	3.826	3.833
DL-Metionina	3.313	3.57	3.827	4.085
L-Lisina HCl	1.209	2.126	3.042	3.958
L-treonina	-	0.275	0.683	1.091
Cloruro Colina 60 %	1.000	1.000	1.000	1.000
Vitaminas*	1.000	1.000	1.000	1.000
Minerales**	0.5	0.5	0.5	0.5
Coccidiostato (nicarbacina)	0.5	0.5	0.5	0.5
Bacitracina BMD	0.3	0.3	0.3	0.3
Antioxidante	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Total</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>
<b>Costo \$/Ton.</b>	<b>4720</b>	<b>4687</b>	<b>4660</b>	<b>4634</b>
<b>Análisis Calculado</b>				
<b>E. M. Kcal/Kg</b>	<b>3025</b>	<b>3025</b>	<b>3025</b>	<b>3025</b>
<b>Proteína Cruda %</b>	<b>24</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>21</b>
<b>Metionina Total %</b>	<b>0.701</b>	<b>0.714</b>	<b>0.727</b>	<b>0.740</b>
<b>Met. + Cist total %</b>	<b>1.070</b>	<b>1.070</b>	<b>1.070</b>	<b>1.070</b>
<b>Lisina Total %</b>	<b>1.430</b>	<b>1.430</b>	<b>1.430</b>	<b>1.430</b>
<b>Treonina Total %</b>	<b>0.953</b>	<b>0.940</b>	<b>0.940</b>	<b>0.940</b>
<b>Arginina Total %</b>	<b>1.661</b>	<b>1.578</b>	<b>1.495</b>	<b>1.411</b>
<b>Fósforo (Disp) %</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>
<b>Sodio %</b>	<b>0.16</b>	<b>0.16</b>	<b>0.16</b>	<b>0.16</b>
<b>Cloro %</b>	<b>0.323</b>	<b>0.344</b>	<b>0.364</b>	<b>0.385</b>
<b>Calcio Total %</b>	<b>1.05</b>	<b>1.05</b>	<b>1.05</b>	<b>1.05</b>

Vitamina A (12,000,000 UI), Vitamina D3 (2,500.000 UIP), Vitamina E (15,000 UI), Vitamina K (2.0g) Vitamina B1 (2.25g), Vitamina B2 (7.5g), Vitamina B6 (3.5g) Vitamina B12 (20 mg), Acido Fólico (1.5g), Biotina (125 mg), Ac. Pantoténico (12.5g), Niacina (45g), Hierro (50g), Zinc (50g), Manganeso (110g), Cobre (12g), Yodo (0.30 g), Selenio (200 mg), Cobalto (0.20 g). Cantidades adicionadas por tonelada de alimento.

**Cuadro 4. Composición de las dietas experimentales en la etapa de crecimiento (11-24 días de edad).**

<b>Ingredientes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Sorgo	546.459	574.723	602.209	629.641
Pasta de Soya	358.708	332.339	306.116	279.904
Aceite Vegetal	54.317	51.069	48.07	45.088
Ortofosfato	16.228	16.348	16.47	16.593
Carbonato de calcio	13.855	13.907	13.959	14.01
Sal	3.828	3.834	3.84	3.847
DL-Metionina	2.626	2.883	3.14	3.398
L-Lisina HCl	0.579	1.498	2.414	3.330
L-treonina	-	-	0.382	0.79
Cloruro Colina 60 %	1.000	1.000	1.000	1.000
Vitaminas*	1.000	1.000	1.000	1.000
Minerales**	0.5	0.5	0.5	0.5
Coccidiostato (nicarbacina)	0.5	0.5	0.5	0.5
Bacitracina BMD	0.3	0.3	0.3	0.3
Antioxidante	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>Total</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>
<b>Costo \$/Ton.</b>	<b>4715</b>	<b>4669</b>	<b>4641</b>	<b>4615</b>
<b>Análisis Calculado</b>				
<b>E. M. Kcal/Kg</b>	<b>3150</b>	<b>3150</b>	<b>3150</b>	<b>3150</b>
<b>Proteína Cruda %</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>19</b>
<b>Metionina Total %</b>	<b>0.608</b>	<b>0.621</b>	<b>0.633</b>	<b>0.646</b>
<b>Met. + Cist total %</b>	<b>0.950</b>	<b>0.950</b>	<b>0.950</b>	<b>0.950</b>
<b>Lisina Total %</b>	<b>1.240</b>	<b>1.240</b>	<b>1.240</b>	<b>1.240</b>
<b>Treonina Total %</b>	<b>0.873</b>	<b>0.833</b>	<b>0.830</b>	<b>0.830</b>
<b>Arginina Total %</b>	<b>1.497</b>	<b>1.414</b>	<b>1.331</b>	<b>1.248</b>
<b>Fósforo (Disp) %</b>	<b>0.45</b>	<b>0.45</b>	<b>0.45</b>	<b>0.45</b>
<b>Sodio %</b>	<b>0.16</b>	<b>0.16</b>	<b>0.16</b>	<b>0.16</b>
<b>Cloro %</b>	<b>0.316</b>	<b>0.337</b>	<b>0.357</b>	<b>0.378</b>
<b>Calcio Total %</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>

Vitamina A (12,000,000 UI), Vitamina D3 (2,500.000 UIP), Vitamina E (15,000 UI), Vitamina K (2.0g) Vitamina B1 (2.25g), Vitamina B2 (7.5g), Vitamina B6 (3.5g) Vitamina B12 (20 mg), Acido Fólico (1.5g), Biotina (125 mg), Ac. Pantoténico (12.5g), Niacina (45g), Hierro (50g), Zinc (50g), Manganeso (110g), Cobre (12g), Yodo (0.30 g), Selenio (200 mg), Cobalto (0.20 g). Cantidades adicionadas por tonelada de alimento.

**Cuadro 5. Composición de las dietas experimentales en la etapa de finalización (25-49 días de edad).**

<b>Ingredientes</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Sorgo	595.813	624.077	651.761	679.194
Pasta de Soya	306.267	279.897	253.637	227.425
Aceite Vegetal	54.007	50.758	47.696	44.714
Ortofosfato	15.009	15.129	15.251	15.374
Carbonato de calcio	13.334	13.386	13.438	13.489
Sal	3.841	3.847	3.853	3.86
DL-Metionina	2.232	2.488	2.746	3.003
L-Lisina HCl	0.497	1.417	2.334	3.25
L-treonina	-	-	0.284	0.693
Cloruro Colina 60 %	1.000	1.000	1.000	1.000
Vitaminas*	1.000	1.000	1.000	1.000
Minerales**	0.5	0.5	0.5	0.5
Coccidiostato (monensina)	0.5	0.5	0.5	0.5
Bacitracina BMD	0.3	0.3	0.3	0.3
Antioxidante	0.1	0.1	0.1	0.1
Pigmento	5.6	5.6	5.6	5.6
<b>Total</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>
<b>Costo \$/Ton.</b>	<b>4787</b>	<b>4741</b>	<b>4708</b>	<b>4682</b>
<b>Análisis Calculado</b>				
<b>E. M. Kcal/Kg</b>	<b>3200</b>	<b>3200</b>	<b>3200</b>	<b>3200</b>
<b>Proteína Cruda %</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>17</b>
<b>Metionina Total %</b>	<b>0.543</b>	<b>0.556</b>	<b>0.569</b>	<b>0.582</b>
<b>Met. + Cist total %</b>	<b>0.860</b>	<b>0.860</b>	<b>0.860</b>	<b>0.860</b>
<b>Lisina Total %</b>	<b>1.090</b>	<b>1.090</b>	<b>1.090</b>	<b>1.090</b>
<b>Treonina Total %</b>	<b>0.792</b>	<b>0.752</b>	<b>0.740</b>	<b>0.740</b>
<b>Arginina Total %</b>	<b>1.331</b>	<b>1.248</b>	<b>1.164</b>	<b>1.081</b>
<b>Fósforo (Disp) %</b>	<b>0.42</b>	<b>0.42</b>	<b>0.42</b>	<b>0.42</b>
<b>Sodio %</b>	<b>0.16</b>	<b>0.16</b>	<b>0.16</b>	<b>0.16</b>
<b>Cloro %</b>	<b>0.320</b>	<b>0.341</b>	<b>0.361</b>	<b>0.382</b>
<b>Calcio Total %</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>	<b>0.85</b>

Vitamina A (12,000,000 UI), Vitamina D3 (2,500.000 UIP), Vitamina E (15,000 UI), Vitamina K (2.0g) Vitamina B1 (2.25g), Vitamina B2 (7.5g), Vitamina B6 (3.5g) Vitamina B12 (20 mg), Acido Fólico (1.5g), Biotina (125 mg), Ac. Pantoténico (12.5g), Niacina (45g), Hierro (50g), Zinc (50g), Manganeso (110g), Cobre (12g), Yodo (0.30 g), Selenio (200 mg), Cobalto (0.20 g). Cantidades adicionadas por tonelada de alimento.

**Cuadro 6. Datos promedio ( $\pm$  Error estándar de la media) de parámetros productivos en pollos en la etapa iniciación (0-10 días de edad).**

Proteína % Etapa I	Consumo Alimento (g)	Ganancia Peso (g)	Conversión Alimenticia (g/g)	Mortalidad (%)
24	255 $\pm$ 3.4	184 $\pm$ 3.3	1.39 $\pm$ 0.01	0
23	244 $\pm$ 5.7	169 $\pm$ 4.8	1.45 $\pm$ 0.02	0
22	250 $\pm$ 3.8	179 $\pm$ 7.1	1.40 $\pm$ 0.03	0.4
21	255 $\pm$ 2.8	185 $\pm$ 2.7	1.38 $\pm$ 0.006	0

**Cuadro 7. Resultados promedio ( $\pm$  Error estándar de la media) obtenidos en pollos de 0-24 días de edad.**

Proteína % Etapa I C	Consumo Alimento (g)	Ganancia Peso (g)	Conversión Alimenticia (g/g)	Mortalidad (%)
24 22	1360 $\pm$ 11.3	932 $\pm$ 12.7	1.46 $\pm$ 0.01	0.4
23 21	1321 $\pm$ 23.4	912 $\pm$ 21.1	1.45 $\pm$ 0.02	0.2
22 20	1347 $\pm$ 25.7	919 $\pm$ 8.6	1.46 $\pm$ 0.01	1.5
21 19	1357 $\pm$ 13.1	918 $\pm$ 9.8	1.48 $\pm$ 0.006	0.4

**Cuadro 8. Datos promedio ( $\pm$  Error estándar de la media) de parámetros productivos en pollos de 0-49 días de edad.**

Proteína % Etapa I C F	Consumo Alimento (g)	Ganancia Peso (g)	Conversión Alimenticia (g/g)	Mortalidad (%)
24 22 20	5548 $\pm$ 87.0	3005 $\pm$ 24.3	1.85 $\pm$ 0.02	4.6
23 21 19	5582 $\pm$ 113.8	3009 $\pm$ 31.4	1.86 $\pm$ 0.03	5.1
22 20 18	5546 $\pm$ 69.0	2928 $\pm$ 43.7	1.89 $\pm$ 0.01	6.9
21 19 17	5662 $\pm$ 45.1	2980 $\pm$ 27.4	1.90 $\pm$ 0.01	5.3

**Cuadro 9. Resultados promedio ( $\pm$  Error estándar de la media) de rendimiento de la canal, pierna con muslo, pechuga y amarillamiento de la piel.**

Tratamiento	Rendimiento canal (%)	Pierna y muslo (%)	Pechuga pectoral mayor (%)	Amarillamiento (b)
1	72.1 $\pm$ 0.38	21.4 $\pm$ 0.18	16.8 $\pm$ 0.14	42.3 $\pm$ 0.56
2	71.1 $\pm$ 0.20	21.7 $\pm$ 0.25	16.5 $\pm$ 0.15	40.8 $\pm$ 0.32
3	71.2 $\pm$ 0.44	21.6 $\pm$ 0.09	16.4 $\pm$ 0.32	40.9 $\pm$ 0.62
4	71.6 $\pm$ 0.30	21.5 $\pm$ 0.35	16.2 $\pm$ 0.11	40.9 $\pm$ 0.43

**Cuadro 10. Resultados promedio ( $\pm$  Error estándar de la media) en gramos de la canal, pierna con muslo y pechuga.**

Tratamiento	Peso canal (g)	pierna y muslo (g)	Pechuga pectoral mayor (g)
1	2195.6 $\pm$ 20.48	651.9 $\pm$ 10.65	511.2 $\pm$ 7.33
2	2166.6 $\pm$ 17.43	663.6 $\pm$ 1.07	503.3 $\pm$ 9.90
3	2114.1 $\pm$ 38.11	642.1 $\pm$ 10.96	488.4 $\pm$ 15.88
4	2161.3 $\pm$ 16.15	650.6 $\pm$ 15.11	489.4 $\pm$ 1.58

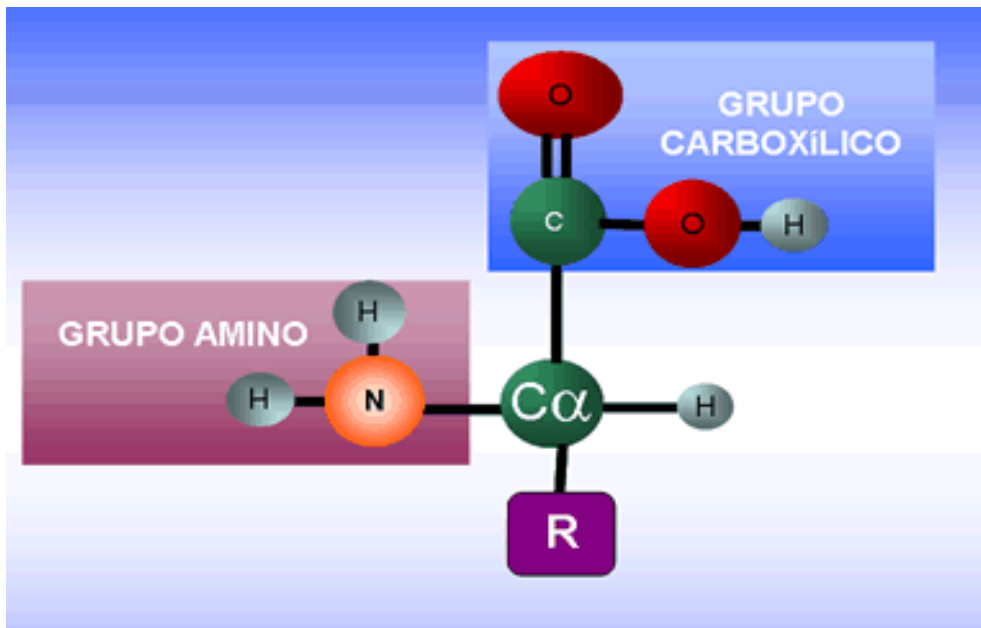


Figura 1. Estructura de los aminoácidos.



## Anexos

Análisis de varianza (ANDEVA)<sup>59</sup> para ganancia de peso, consumo alimento y conversión alimenticia, en etapa de iniciación de 0- 10 días de edad.

### Ganancia de peso

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Médios	Razón de Varianza	Sig.
Tratamientos (entre grupos)	661.252	3	220.417	2.389	.120
Error o residual	1107.342	12	92.278		
Total	1768.594	15			

### Consumo de alimento

	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Médios	Razón de Varianza	Sig.
Tratamientos (entre grupos)	366.262	3	122.087	1.807	.199
Error o Residual	810.622	12	67.552		
Total	1176.884	15			

### Convesión alimenticia

	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Médios	Razón de Varianza	Sig.
Tratamientos (entre grupos)	1.025E-02	3	3.417E-03	1.334	.309
Error o Residual	3.073E-02	12	2.561E-03		
Total	4.098E-02	15			

**Resultado del ANDEVA, para longitud de vellosidades en pollos de 0-21 días de edad.**

**Largo de vellosidades**

	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Médios	Razón de Varianza	Sig.
Tratamientos (entre grupos)	382105.825	3	127368.608	.749	.539
Error o Residual	2721804.47	16	170112.780		
Total	3103910.30	19			

Datos obtenidos del ANDEVA, para ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, en etapa de crecimiento de 0- 24 días de edad.

**Ganancia de peso**

	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Médios	Razón de Varianza	Sig.
Tratamientos (entre grupos)	846.309	3	282.103	.362	.782
Error o residual	9360.846	12	780.071		
Total	10207.15	15			

**Consumo de alimento**

	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	Razón de Varianza	Sig.
Tratamientos (entre Grupos)	3787.474	3	1262.491	.832	.502
Error o Residual	18214.98	12	1517.915		
Total	22002.45	15			

**Conversión alimenticia**

	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Médios	Razón de Varianza	Sig.
Tratamientos (entre Grupos)	1.723E-03	3	5.744E-04	.519	.677
Error o Residual	1.328E-02	12	1.106E-03		
Total	1.500E-02	15			

**Resultados del ANDEVA, para ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, en etapa de finalización de 0- 49 días de edad.**

**Ganancia de peso**

	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Médios	Razón de Varianza	Sig.
Tratamientos (entre Grupos)	16696.28	3	5565.427	1.307	.317
Error o residual	51103.50	12	4258.626		
Total	67799.78	15			

**Consumo alimento**

	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Médios	Razón de Varianza	Sig.
Tratamientos (entre Grupos)	35363.31	3	11787.771	.431	.734
Error o Residual	328052.04	12	27337.670		
Total	363415.35	15			

**Conversion alimenticia**

	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Médios	Razón de Varianza	Sig.
Tratamientos (entre Grupos)	8.990E-03	3	2.997E-03	1.272	.328
Error o Residual	2.828E-02	12	2.357E-03		
Total	3.727E-02	15			

**Datos del ANDEVA, utilizada para, rendimiento de la canal, pierna con muslo, pechuga y amarillamiento de la piel, en porcentaje y en gramos.**

**Rendimiento de la canal (%)**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.737	3	.912	1.915	.181
Within Groups	5.718	12	.476		
Total	8.454	15			

**Pierna y muslo (%)**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.302	3	.101	.427	.737
Within Groups	2.827	12	.236		
Total	3.129	15			

**Pechuga (%)**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.667	3	.222	1.388	.294
Within Groups	1.922	12	.160		
Total	2.589	15			

**Amarillamiento (b)**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.673	3	2.224	2.404	.118
Within Groups	11.102	12	.925		
Total	17.775	15			

**Peso de la canal (g)**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	13658.154	3	4552.718	1.868	.189
Within Groups	29248.659	12	2437.388		
Total	42906.812	15			

**Peso pierna y muslo (g)**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	941.029	3	313.676	.677	.583
Within Groups	5560.278	12	463.356		
Total	6501.306	15			

**Peso pechuga (g)**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1472.376	3	490.792	1.206	.350
Within Groups	4883.651	12	406.971		
Total	6356.026	15			