

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE POLLOS DE
ENGORDA CON DIETAS FORMULADAS BAJO EL CONCEPTO
DE PROTEINA IDEAL CON DIFERENTES PERFILES DE
AMINOÁCIDOS DIGESTIBLES**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCIÓN ANIMAL**

P R E S E N T A:

VICTOR MANUEL VALDES NARVAEZ

AGOSTO DE 2001

CHAPINGO, ESTADO DE MEXICO

BIBLIOTECA CENTRAL U. A. C.



**DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**



96/261

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE POLLOS DE ENGORDA
CON DIETAS FORMULADAS BAJO EL CONCEPTO DE PROTEINA IDEAL
CON DIFERENTES PERFILES DE AMINOÁCIDOS DIGESTIBLES**

Tesis realizada por **Víctor Manuel Valdés Narváez** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR: _____

Ph. D. MARIANO JESÚS GONZALEZ ALCORTA

ASESOR : _____

DR. JESÚS EDUARDO MORALES BARRERA

ASESOR : _____

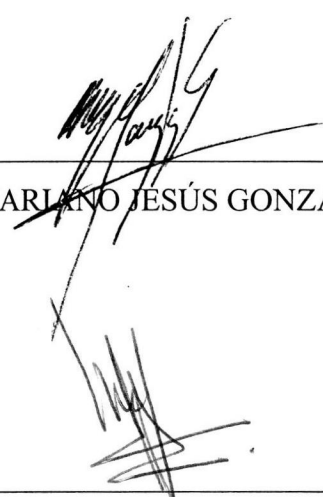
DR. JOSE ARTEMIO CADENA MENESES

38514

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE POLLOS DE ENGORDA
CON DIETAS FORMULADAS BAJO EL CONCEPTO DE PROTEINA IDEAL
CON DIFERENTES PERFILES DE AMINOÁCIDOS DIGESTIBLES**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Víctor Manuel Valdés Narváez** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Producción Animal estuvo constituido por:

PRESIDENTE

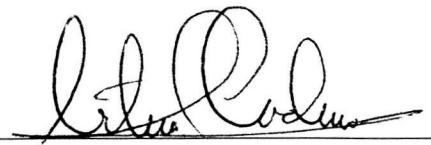


Ph. D. MARIANO JESÚS GONZALEZ ALCORTA

ASESOR :

DR. JESÚS EDUARDO MORALES BARRERA

ASESOR :



DR. JOSE ARTEMIO CADENA MENESES

DEDICATORIA

A Jehová Dios y Jesucristo, por haberme dado el don de la vida y por crear un hermoso planeta, digno de explorar e investigar.

A mis padres Crescencio y Yolanda, como una pequeña muestra de agradecimiento por su cuidado amoroso, sabia dirección e inigualable ejemplo.

A mis hermanos Guadalupe, Yolanda, Margarita y Alejandra por su cariño y apoyo emocional, particularmente a Castor para que esto le sirva como un incentivo para cumplir sus metas.

A mis cuñados Arturo, José Luis y Mario, por su amistad.

Como un regalo a toda la familia por el privilegio de tener un nuevo miembro, el primer sobrino Derek Saúl, muy en especial para él.

A Valdivia como un reconocimiento por su amor y comprensión, por ser una esposa maravillosa y a su familia por todo el apoyo que nos brindan.

A todos mis compañeros y amigos, por su amistad y apoyo.

VICTOR MANUEL

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, por haberme brindarme una formación académica integral.

Al Departamento de Enseñanza e Investigación en Zootecnia, al Posgrado en Producción Animal y a la Subdirección de Investigación por el apoyo para cursar mis estudios y para la realización de la investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico para la realización de los estudios de maestría.

A BASF Mexicana, S.A. de C. V., Comercializadora de NUTRIFORSA y a la Granja Experimental por el apoyo brindado durante la realización de la fase de campo.

Al Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por permitirme realizar la fase de campo en sus instalaciones y hacer uso de su equipo.

Al laboratorio de Nutrición de Rumiantes, al Dr. Maximino Huerta y al Sr. Indalecio por su apoyo para realizar los análisis de laboratorio.

Al Dr. Mariano González Alcorta, por su valiosa dirección en la realización de la investigación, consejos y por su gran amistad.

Al Dr. Eduardo Morales, por sus acertadas sugerencias y por todo el apoyo brindado para la realización del experimento.

Al Dr. José Artemio Cadena, por su valiosa ayuda en la parte estadística del trabajo y por sus sugerencias.

A los Señores Hilario y Felipe, al Dr. Emilio Reyes a los alumnos de séptimo año y demás personas, por su apoyo durante la fase de campo del presente experimento.

A los profesores del Posgrado en Producción Animal por sus valiosas cátedras.

VICTOR MANUEL

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos generales:

Nombre: Víctor Manuel Valdés Narváez

Lugar de origen: Texcoco, Estado de México.

Profesión: Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Cédula profesional: 2858587

Formación académica:

Escuela Secundaria Oficial 130 "Netzhualcoyotl". Texcoco, Estado de México. (1988 – 1991).

Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. (1991- 1994).

Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. (1994-1998).

RESUMEN

Víctor Manuel Valdés Narváez.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE POLLOS DE ENGORDA CON DIETAS FORMULADAS BAJO EL CONCEPTO DE PROTEÍNA IDEAL CON DIFERENTES PERFILES DE AMINOÁCIDOS DIGESTIBLES

(Agosto de 2001)

(Bajo la dirección del PhD. Mariano González Alcorta)

Se comparó el comportamiento productivo de pollos en engorda con dietas formuladas bajo el concepto de proteína ideal (PI) y aminoácidos digestibles (AAD) en contraste con una dieta de acuerdo con NRC (1994) con aminoácidos totales (AAT). Se utilizaron 600 pollos Ross 308 x Ross 308 de 1 a 49 días de edad, alojados en baterías. Se utilizó un diseño experimental con dos criterios de clasificación: sexo y perfil de aminoácidos. Se utilizaron seis perfiles: D1 NRC (1994), D2 Illinois, D3 Degussa, D4 CEVAMEX-Inifap, D5 Europeo y D6 calculado. A los 49 días de edad los pollos con D5 presentaron el menor ($P<0.05$) consumo de alimento y ganancia de peso en contraste con los otros tratamientos. Los machos presentaron un mayor ($P<0.01$) consumo de alimento y ganancia de peso que las hembras. La eficiencia alimenticia se mejoró en 3% ($P<0.01$) con PI y AAD en comparación al estándar NRC (1994) con AAT (0.541 vs 0.525).

Palabras clave: Pollos de engorda, Proteína ideal, Perfil de aminoácidos, Digestibilidad de aminoácidos, Rendimiento en canal, Excreción de nitrógeno

ABSTRACT

Víctor Manuel Valdés Narváez.

BROILERS PERFORMANCE WITH DIETS FORMULATED UNDER IDEAL PROTEIN CONCEPT WITH DIFFERENT PROFILES OF DIGESTIBLE AMINO ACID

(August 2001)

(Under the direction of PhD. Mariano González Alcorta)

The production parameters in broilers were compared in ideal protein (PI) diets and digestible amino acids (AAD) in contrast to a NRC (1994) with total amino acids (AAT) diet. Six hundred broilers Ross x Ross strain were allocated in batteries from 1 to 49 days old. A factorial arrangement experimental design with sex and amino acids profiles (NRC (1994) treatment D1, Illinois D2, Degussa D3, CEVAMEX-Inifap D4, European D5 and calculated D6) was applied. Feed intake and gain of D5 broilers were lower ($P<0.05$) in contrast to others treatments at 49 experimental days. The feed intake and gain was higher ($P<0.01$) in male than female. The feed efficiency was better ($P<0.01$) in 3% with PI and AAD than with AAT (0.541 vs 0.525).

INDEX WORDS: Broilers, Ideal protein, Digestible amino acids, Amino acid profiles, Carcass, Excreted nitrogen

CONTENIDO

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS	iii
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE ANEXOS	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. MARCO DE REFERENCIA	3
2.1.1. Situación de la producción de pollo en México	3
2.1.2. Parámetros productivos	7
2.1.3. Situación de la industria de alimentos balanceados ..	10
2.2. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN	13
2.3. MARCO DE CONCEPTUAL	14
2.3.1. Importancia de las proteínas y aminoácidos	14
2.3.2. Clasificación de los aminoácidos	14
2.3.3. Digestión de proteínas	16
2.3.4. Uso de los valores de digestibilidad de aminoácidos ..	16
2.3.5. Absorción y transporte de aminoácidos	19
2.3.6. Metabolismo de aminoácidos	20
2.3.7. Excreción de aminoácidos y nitrógeno	23
2.3.8. Requerimientos de aminoácidos	23
2.3.8.1. Efecto del sexo sobre los requerimientos de aminoácidos	25
2.3.8.2. Niveles óptimos económicos	26
2.3.9. Interacciones entre aminoácidos	27
2.3.10. El concepto de "Proteína Ideal" en pollo de engorda ..	29
2.3.11. Formulación de raciones para pollo de engorda ..	34

	<u>Página</u>
2.3.12. Contaminación del ambiente con nitrógeno	35
2.3.13. Calidad y composición de la canal	36
III. PROBLEMÁTICA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	39
3.1. Problemática	39
3.2. Hipótesis	40
3.3. Objetivos	40
IV. MATERIALES Y METODOS	41
4.1. Localización	41
4.2. Tratamientos	41
4.3. Dietas	42
4.4. Diseño experimental y modelo estadístico	43
4.5. Variables a medir	45
4.6. Manejo de los animales	46
V. RESULTADOS	47
5.1. Comportamiento productivo: etapa de iniciación	47
5.2. Comportamiento productivo: etapa de crecimiento	49
5.3. Comportamiento productivo: etapa de finalización	51
5.4. Comportamiento productivo: de 1 a 49 días de edad	53
5.5. Rendimiento y calidad de la canal	56
5.6. Excreción de nitrógeno	56
VI. DISCUSIÓN	63
VII. CONCLUSIONES	68
VIII. LITERATURA CITADA	69
IX. ANEXOS	76

LISTA DE CUADROS

	<u>Página</u>
Cuadro 1. Principales empresas especializadas en engordar pollo en México y líneas genéticas que emplean	6
Cuadro 2. Índice de conversión y eficiencia alimenticia para pollos en algunos países, 1998	8
Cuadro 3. Parámetros productivos promedios de pollos de engorda en México	9
Cuadro 4. Producción, importaciones, exportaciones y consumo de alimentos balanceados en México de 1996-2000 (en miles de toneladas)	11
Cuadro 5. Composición en aminoácidos y porcentaje de digestibilidad de algunos ingredientes comúnmente usados en la alimentación de las aves	18
Cuadro 6. Estándares con los requerimientos de proteína, energía y aminoácidos para pollos de engorda	24
Cuadro 7. Perfil de aminoácidos de proteína corporal, proteína de plumas y requerimiento de mantenimiento en pollo de engorda	24
Cuadro 8. Exigencias de aminoácidos según el sexo	26
Cuadro 9. Perfiles ideales de aminoácidos para pollo de engorda publicados por diferentes autores	31
Cuadro 10. Perfiles de aminoácidos utilizados, con relación a lisina, por etapa de desarrollo	42
Cuadro 11. Composición de las dietas experimentales para pollos de engorda de 1 a 21 días de edad, utilizando diferentes perfiles de aminoácidos	42
Cuadro 12. Composición de las dietas experimentales para pollos de engorda de 22 a 42 días de edad, utilizando diferentes perfiles de aminoácidos	43

	<u>Página</u>
Cuadro 13. Composición de las dietas experimentales para pollos de engorda de 43 a 49 días de edad, utilizando diferentes perfiles de aminoácidos	44
Cuadro 14. Contrastes ortogonales para contrastar las medias de los Tratamientos	45
Cuadro 15. Comportamiento productivo de pollos de engorda por sexos Separados, de 1 a 21 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Efectos principales)	47
Cuadro 16. Comportamiento productivo de pollos de engorda por sexos Separados, de 1 a 21 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Interacciones)	48
Cuadro 17. Comportamiento productivo de pollos de engorda por sexos Separados, de 22 a 42 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Efectos principales)	50
Cuadro 18. Comportamiento productivo de pollos de engorda por sexos Separados, de 22 a 42 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Interacciones)	51
Cuadro 19. Comportamiento productivo de pollos de engorda por sexos Separados, de 43 a 49 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Efectos principales)	52
Cuadro 20. Comportamiento productivo de pollos de engorda por sexos Separados, de 43 a 49 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Interacciones)	53
Cuadro 21. Comportamiento productivo de pollos de engorda por sexos Separados, de 1 a 49 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Efectos principales)	54
Cuadro 20. Comportamiento productivo de pollos de engorda por sexos Separados, de 1 a 49 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Interacciones)	55

	<u>Página</u>
Cuadro 23. Rendimiento en canal y cortes primarios de pollos criados por sexos separados y alimentados con diferentes perfiles de aminoácidos (efectos principales)	57
Cuadro 24. Rendimiento en canal y cortes primarios de pollos criados por sexos separados y alimentados con diferentes perfiles de aminoácidos (interacciones)	58
Cuadro 25. Excreción de nitrógeno de pollos de 8 a 21 días de edad (efectos principales)	59
Cuadro 26. Excreción de nitrógeno de pollos de 8 a 21 días de edad (interacciones)	59
Cuadro 27. Excreción de nitrógeno de pollos de 22 a 29 días de edad (efectos principales)	60
Cuadro 28. Excreción de nitrógeno de pollos de 22 a 29 días de edad (interacciones)	61
Cuadro 29. Excreción de nitrógeno de pollos de 42 a 49 días de edad (efectos principales)	61
Cuadro 30. Excreción de nitrógeno de pollos de 42 a 49 días de edad (interacciones)	62

LISTA DE FIGURAS

	<u>Página</u>
Figura 1. Producción nacional, importaciones, exportaciones y consumo nacional de carne de pollo de México (en miles de toneladas) de 1994 a 2000	4
Figura 2. Participación porcentual de la avicultura en la producción pecuaria de México, para 1999	5
Figura 3. Precios mensuales de pollo vivo en México de 1994 al 2000 ...	7
Figura 4. Consumo de alimentos balanceados por sector de producción	11
Figura 5. Consumo de insumos agrícolas para la avicultura	12
Figura 6. Modelo simple del metabolismo de aminoácidos y proteína total	20
Figura 7. Metabolismo de la metionina	21
Figura 8. Metabolismo de la treonina	22
Figura 9. Metabolismo de la lisina	22
Figura 10. Relación ideal de aminoácidos para diferentes funciones	25
Figura 11. Metabolismo del nitrógeno en las aves	36

LISTA DE ANEXOS

	<u>Página</u>
Anexo 1. Análisis de varianza y contrastes de las medias de los tratamientos, para los parámetros productivos de pollos de engorda en iniciación (1 a 21 días de edad)	76
Anexo 2. Análisis de varianza y contrastes de las medias de los tratamientos, para los parámetros productivos de pollos de engorda en crecimiento (22 a 42 días de edad)	78
Anexo 3. Análisis de varianza y contrastes de las medias de los tratamientos, para los parámetros productivos de pollos de engorda en finalización (43 a 49 días de edad)	80
Anexo 4. Análisis de varianza y contrastes de las medias de los tratamientos, para los parámetros productivos de pollos de engorda en iniciación (1 a 49 días de edad)	82
Anexo 5. Análisis de varianza, para los parámetros de calidad de la canal	84
Anexo 6. Análisis de varianza, para los parámetros de excreción de nitrógeno	86
Anexo 7. Calculo del perfil ideal de aminoácidos, utilizando la metodología propuesta por Rose, (1998)	89
Anexo 8. Análisis químico proximal de los ingredientes usaron para elaborar las dietas del experimento	90
Anexo 9. Programa de SAS para probar los contrastes ortogonales	91

I. INTRODUCCIÓN

El concepto de proteína ideal (PI), consiste en aportar las cantidades de aminoácidos digestibles, con respecto al valor total de la lisina, de cada aminoácido esencial para la síntesis de proteína y mantenimiento del animal (Baker y Chung, 1992; Han y Baker, 1994). Por lo que el balance de aminoácidos de una dieta es muy importante, pues de ello depende una buena eficiencia de utilización de la proteína (Cole y Van, 1994). Afortunadamente en la actualidad existen disponibles en el mercado fuentes sintéticas de algunos aminoácidos limitantes (metionina, lisina, treonina, triptófano y arginina) para completar el requerimiento de aminoácidos digestibles que en los ingredientes usados en la alimentación de las aves no se encuentran.

Desde el siglo pasado, la producción avícola se ha concentrado en algunas regiones del mundo, acentuando el problema de contaminación con nitrógeno al ambiente. Sin embargo, al proporcionar una dieta con la cantidad adecuada de cada aminoácido esencial, sin excesos ni deficiencias, se disminuyen las pérdidas de nitrógeno en heces, son pocos los trabajos que se han desarrollado para ir disminuyendo la contaminación ambiental por nitrógeno (Kerr, 1994).

Por otra parte al usar valores de digestibilidad de aminoácidos, el sistema se hace más eficiente, ya que se hace un uso racional de los ingredientes utilizados como fuente de proteína, lo cual cobra importancia desde el punto económico (Klasing, 1998), ya que por lo general los alimentos altos en proteína, de origen animal o vegetal, tienen alto costo.

Los trabajos pioneros que trataron de encontrar un balance de aminoácidos para pollo de engorda fueron los realizados por Dean y Scott (1965), después se realizaron varios ensayos en la Universidad de Illinois, que finalmente dieron como resultado un perfil ideal de aminoácidos para pollos de diferentes edades (Baker y Chung, 1992; Baker y Han, 1994); para encontrar esos perfiles se utilizaron dietas purificadas.

Posteriormente, se obtuvo en varios campos experimentales de Europa un perfil ideal de aminoácidos (Degussa, 1996; Leclercq, 1998b; Mack *et al.*, 1999). En México también se han desarrollado algunos trabajos utilizando el concepto de proteína ideal y digestibilidad de aminoácidos en dietas prácticas para pollos de engorda (Peña y Rodríguez, 1996; Morales y Ávila, 1999; Peñalva, 1999), en estos

se ha encontrado que existe respuesta sólo durante los primeros 21 días de edad (Peña, 1996; Morales y Ávila, 1999).

Recientemente se han realizado algunos trabajos en los que se ha encontrado que la relación de aminoácidos es diferente, cuando se toman en cuenta diferentes objetivos de producción, tales como: maximizar la ganancia de peso, mejorar la eficiencia o conversión alimenticia o para mejorar la deposición de proteína en la canal (Leclercq, 1998a).

Por lo anterior el objetivo del presente trabajo es calcular un perfil de aminoácidos a partir de los requerimientos para mantenimiento y producción, y evaluar el comportamiento productivo de pollos en engorda empleando diferentes perfiles ideales de aminoácidos digestibles, durante todo el ciclo productivo, en comparación con una dieta NRC, (1994) con aminoácidos totales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO DE REFERENCIA

2.1.1 Situación de la producción de pollo en México

México ocupa a nivel mundial el quinto lugar en producción de carne de aves, siendo superado únicamente por Estados Unidos, China, Brasil y Francia (UNA, 1999).

En el sector pecuario ninguna actividad tiene mayor dinámica que la producción de carne de pollo. De 1990 a 1998, el volumen de producción pasó de los 0.9 a 1.6 millones de toneladas, un aumento promedio anual de 6.7% (Gurría, 1999). Dichas tendencias se ilustran en la figura 1, elaborada a partir de los datos de la Unión Nacional de Avicultores, y Dirección General de Ganadería, con información de SECOFI y SAGAR (UNA, 1999, 2000; Lastra y Peralta, 2000).

Los incrementos en la producción se sustentan en el aumento del número de pollo de engorda al ciclo, el cual pasó de 113.5 a 175.4 millones de cabezas en 1995 y 1998, respectivamente, lo que significa una tasa anual de crecimiento de 5.6%, además la diferencia entre el crecimiento de la producción y el número de aves, implica, en estos términos, un incremento de la productividad de 1.0% anual (Gurría, 1999).

La engorda de pollo en México es una industria primaria importante económicamente, ya que esta actividad participó con 0.223% en el Producto Interno Bruto (PIB) total, 4.696% en el PIB agropecuario, y 19.3% en el PIB pecuario durante 1999 (UNA, 2000).

De acuerdo con la Unión Nacional de Avicultores (2000), el volumen de producción en 1998 de carne de pollo fue de 1 586 841 toneladas, con un incremento del 12% para 1999, alcanzando 1 784 320 toneladas, dicha producción generó un valor de 16 344 462 millones de pesos.

Aunque México es casi autosuficiente en carne de pollo, importa para abasto una cantidad equivalente al 10% de la producción nacional. Las importaciones alcanzaron las 199 000 toneladas, compuestas en 48.5% por canales y trozos de ave, ya sean refrigerados, congelados, salados o en salmuera y 51.5 % por pastas de carne de pollo. Del total de importación de carne de pollo, 47.1% es en forma de trozos (Lastra

y Peralta, 2000), estas importaciones representan más de 22 millones de dólares (Gurría, 1999).

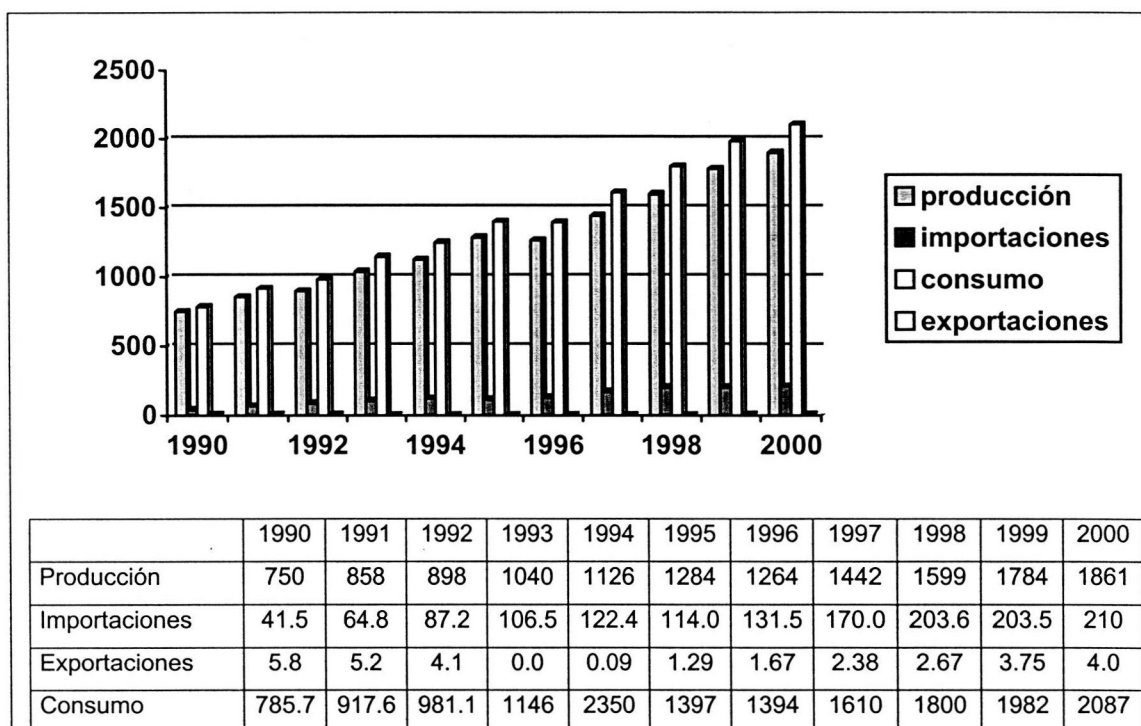


Figura 1. Producción nacional, importaciones, exportaciones y consumo nacional de carne de pollo de México (en miles de toneladas) de 1994 a 2000. UNA, (1999, 2000); Lastra y Peralta, (2000).

La exportación de carne de pollo es insignificante, durante 1999 fue de 3 747 toneladas, siendo el factor limitante para la exportación el estatus sanitario dado a nuestro país (Lastra y Peralta, 2000).

El país contaba, en 1998, con una parvada aproximada de 97 millones de gallinas ponedoras, 170 millones de pollo de engorda por ciclo y 700 mil pavos por ciclo (UNA, 1999). Para 1999 el inventario de pollo de engorda se incremento en un 6.5 %, con respecto al año anterior, siendo de 186, 879, 000 (UNA, 2000).

Actualmente, la producción de pollo de engorda contribuye con más 30% de la producción pecuaria, lo cual representa un incremento de 7 y 13% con respecto a 1990 y 1980, respectivamente (Gurría, 1999; UNA, 1999), como puede apreciarse en la figura 2. Además Yáñez, (2000) reporta que 42% de la carne consumida en México durante 1999 fue carne de pollo.

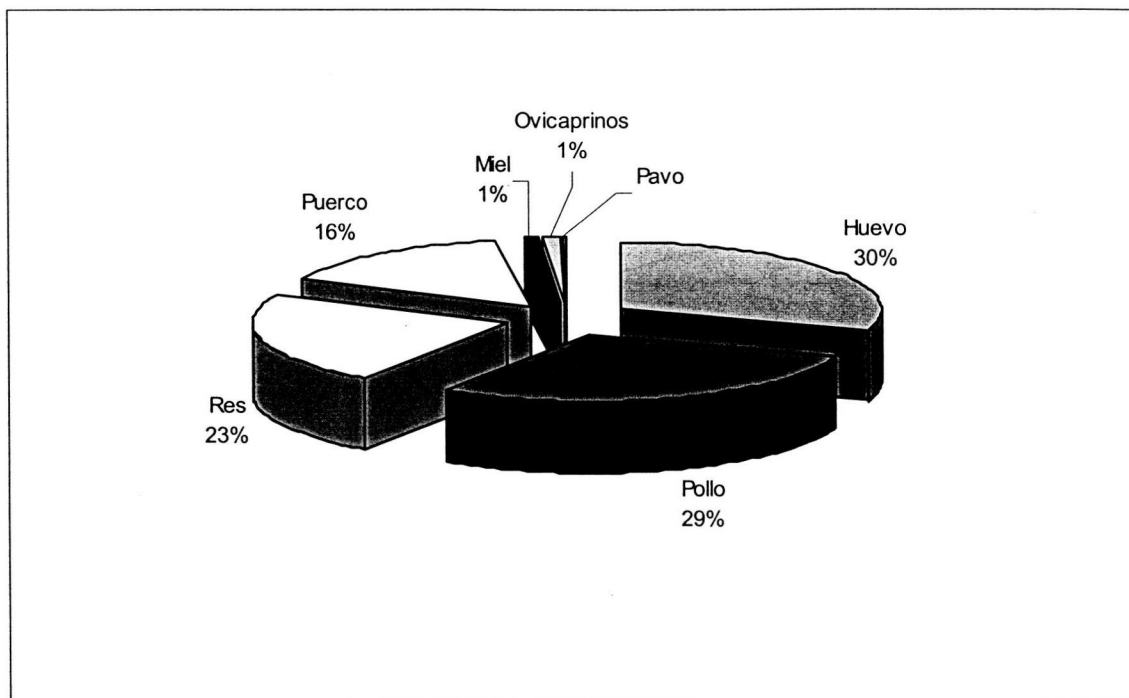


Figura 2. Participación porcentual de la avicultura en la producción pecuaria de México, para 1999. UNA, (1999).

El consumo *per cápita* de carne de pollo en México se ha incrementado, ya que para 1990 era de 12.0 kg y para 1999 fue de 18.20 kg, pero aún así sigue siendo menor que el consumo *per cápita* de otros países como: Hong Kong (52.5 kg), Estados Unidos (49.3 kg), Canadá (34.3 kg), Reino Unido (26.9 kg), Argentina (24.3 kg) y Brasil (23.7 kg) (Gurría, 1999). La importancia de la carne de aves en la alimentación de los mexicanos se puede ver en el hecho de que 6 de cada 10 kilogramos de carne consumidos por los mexicanos proceden de las aves (UNA, 1999). Se espera que para el año 2001 el consumo *per cápita* será de 20 kg (Yañez, 2000).

Además la avicultura en México, es una gran fuente de trabajo, ya que genera 130 000 empleos directos y 650 000 indirectos, 780 mil empleos totales, lo que tiende a evitar la migración urbana hacia Estados Unidos (UNA, 1999).

Los principales estados productores de pollo de engorda son: Guanajuato, La Laguna, Veracruz, Jalisco, Nuevo León, México, Puebla, Morelos, Querétaro y Yucatán (UNA, 1999). Estos estados participaron con 80% de la producción de carne de pollo durante 1999, cinco estados -Querétaro, México, Puebla, Guanajuato y Jalisco- y la comarca Lagunera concentraron 62% de la producción (Yañez, 2000). La razón de

esta distribución se debe en gran medida a que cerca de estos se encuentran los principales centros de consumo.

De acuerdo con Yañez, (2000) los sistemas de producción de carne de pollo, que operan en el país son: de traspatio (10 %), semitecnificado (20 %) y tecnificado (70 %).

La producción de carne de pollo en nuestro país se halla altamente oligopolizada, ya que para 1998 Bachoco, Pilgrim's Price de México, Trasgo Tyson, Campi y Patsa produjeron 444 600 000 toneladas, de un total de 881 100 000, es decir, 50.5%. De hecho en ese año la producción y venta de pollo de engorda de las 29 empresas más importantes de México fue de 682 760 000 toneladas de carne de pollo, lo que representa 77.5% de la producción nacional (Alonso, 2000).

En el Cuadro 1 se pueden apreciar las principales empresas productoras de pollo de engorda, su localización, aunque muchas de estas empresas se han extendido hacia varios estados del país. Además se enlistan las principales líneas genéticas con las que están trabajando, con la finalidad de ver la composición genética de la parvada nacional de pollo de engorda (Wright, 2001).

Cuadro 1. Principales empresas especializadas en engordar pollo en México y líneas genéticas que emplean.

Empresa	Localización	Número de pollos	Líneas genéticas
Bachoco, S.A.	Celaya	350, 000, 000	Hybro
Pilgrim's Pride de México	Querétaro	155, 000, 000	Arbor Acres/Ross
Tyson / Trasgo	Gómez Palacio	85, 000, 000	Cobb
Famaya	Monterrey	42, 000, 000	Shaver
Incubadora de Temixco	Temixco	35, 000, 000	Ross / Arbor Acres
Patsa	Tehuacán	33, 000, 000	Hubbard /Arbor Acres / Ross
Industria Avícola Quesada	Aguascalientes	24, 000, 000	Ross
Interpec San Marcos	Aguascalientes	21, 000, 000	Ross
Gigantes Tepa	Tepatitlán	21, 000, 000	Ross
Pollitos Villa Flores	San Cristóbal	20, 000, 000	Cobb
Chick Pollo	Guadalajara	18, 000, 000	Avian
Reproductoras Avícolas	Epazoyucan	16, 000, 000	Avian
Pollitos Norteños	Monterrey	14, 000, 000	Ross
Grupo Avipecuario Sanjur	Mérida	14, 000, 000	Ross
Productos avipecuarios	Cuautla	10, 000, 000	Cobb
Avícola El Dorado	Hermosillo	8, 000, 000	Lohmann Indian River

Fuente: Wright, 2001

La variación de los precios de la carne de pollo es muy estacional, en la figura 3 pueden apreciarse las fluctuaciones de los precios en pesos mexicanos, por año y mes, en el período de 1994 a 2000.

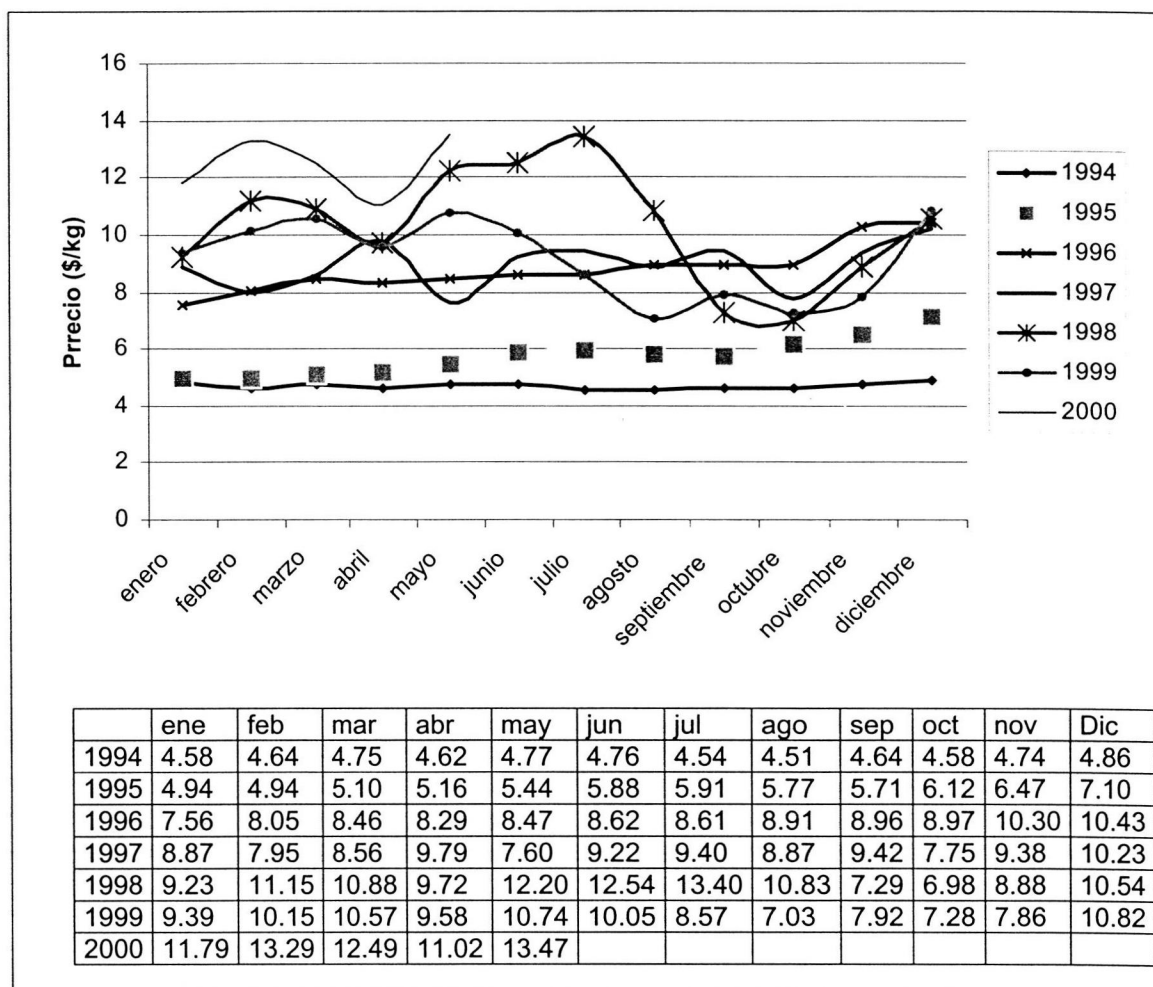


Figura 3. Precios mensuales de pollo vivo en México de 1994 al 2000. Elaborado con datos de la Unión Nacional de Avicultores

2.1.2. Parámetros productivos

La productividad del sistema de producción de pollo de engorda en nuestro país es aceptable, para los avicultores nacionales integrados quienes requirieron 2.1 kilogramos de alimento por kilogramo de carne producido durante 1998, es decir, 114.3% mejor que en 1950 cuando la conversión alimenticia era de 4.5 kilogramos. No así parte los avicultores no integrados, los cuales tienen un índice medio de conversión de 2.3 kilogramos por kilogramo de carne de pollo (Alonso, 2000). Esto pone de

manifiesto que se debe mejorar la productividad de este sector, ya que en otros países el índice de conversión es menor incluso que el índice de conversión promedio de México (Cuadro 2).

De acuerdo con Quintana (1999), el índice de conversión aceptable comercialmente en México es de 1.95 kg de alimento por kg de carne, aunque la Unión Nacional de Avicultores reporta conversiones de 2.1 con dieta formuladas con base en sorgo (Russell, 2000), con un índice de mortalidad no mayor a 5% y un rendimiento en canal sin vísceras de 70%.

El índice de conversión engloba: el mejoramiento genético, el aprovechamiento del diseño científico en la alimentación de las aves, niveles de mortalidad y morbilidad, manejo eficaz de medicina preventiva y microclimas favorables. Por ello estos son los aspectos que se deben mejorar para disminuir el índice de conversión.

La nutrición juega un papel muy importante en la mejora de la productividad, ya que según Alonso, (2000) las diferencias en los índices de conversión entre EUA y México se deben fundamentalmente a la menor calidad de las materias primas y granos forrajeros, y a la imposibilidad de la avicultura mexicana de sustituir algunos insumos, como sorgo y pasta de soya, por otros con mayor contenido energético (maíz) y proteínico (trigo). Otro factor decisivo es el método de formulación, ya que a medida que el alimento se acerca más a los requerimientos del animal el uso del alimento será más eficiente, lo cual se logra con herramientas como formular con base en digestibilidad de aminoácidos y usando el concepto de proteína ideal (Parson, 1990; Baker y Chung, 1992; Kerr, 1994; Firman y Boling, 1998)..

Cuadro 2 Índice de conversión y eficiencia alimenticia para pollos en algunos países, 1998.

País	Índice de conversión (Kg alimento / Kg de carne)	Eficiencia alimenticia (Kg de carne / Kg de alimento)
EUA	1.9	0.53
Canadá	1.9	0.53
Tailandia	2.0	0.50
Brasil	2.0	0.50
Australia	2.1	0.48
Taiwán	2.1	0.48
México	2.1	0.48
España	2.1	0.48
Japón	2.2	0.45
Argentina	2.6	0.38
Ex –URSS	3.6	0.28

Fuente: Modificado a partir de Alonso, 2000

Otro factor importante es el número de ciclos por año, (un ciclo económico se constituye por la suma de los días de la etapa de preparación y los de la etapa de producción), para México este parámetro en 1998 fue de 5.2 ciclos por año, con un período de engorda promedio de 7 semanas 5 días, mientras que para EUA de 6 ciclos por año, con un período engorda promedio de 7 semanas en el mismo año(Alonso, 2000). Esto es muy importante desde el punto de vista económico debido a que permite un mayor flujo de capital y se reducen los costos de producción. Aunque se debe considerar que el pollo en EUA se comercializa a un peso ligeramente menor (2.0 Kg.) que en México (2.2 Kg.).

En 1990 el costo de producción de un kg de carne de pollo en México fue de \$3.80, mientras que en EUA fue de \$2.99, es decir, 27% mayor para México. Esta diferencia se debió al costo de alimentación, que en promedio fue 60% superior para México (56% para productores integrados y 66% para los que compran alimentos balanceados). El costo de alimentación representó 45% para productores nacionales, mientras que para los estadounidenses sólo 35%. Otros rubros que incidieron en los costos para los productores de México fueron: mermas (11.6%), fletes (7%), mano de obra (5.4%); para los de EUA, fueron: mano de obra (11.3%), procesado (7.9%), y mercado (7.5%). Además los costos financieros fueron menores para EUA en 1990, debido a los subsidios directos o indirectos a la avicultura (Alonso, 2000).

Por su parte Bächtold, (1995) menciona que los costos por concepto de alimentación en México representan de 53 a 65% del costo de producción, las aves 12%, la mano de obra 9.3%, renta de inmuebles 4.7%, vacunas y medicinas 4.5%, mantenimiento 1.8%, gas 1.4% y otros de 1.3 a 13.3%.

En el Cuadro 3 se puede notar algunos parámetros productivos promedio de cinco estirpes comerciales de pollo de engorda: Shaver Starbro, Avian Farm k43, Arbor Acres FSY, Ross 308 y Lohmann-Indian River (Quintana, 1999).

Cuadro 3. Parámetros productivos promedios de pollos de engorda en México

Edad (semanas)	Peso (kg)	Índice de conversión (alimento/ ganancia)	Rendimiento en canal (%)
5	1.638	1.65	69
6	2.052	1.78	69.5
7	2.515	1.92	70

Fuente: Quintana, 1999

Los genetistas predicen mejoras significativas en los parámetros productivos de pollo de engorda, en los próximos diez años, entre ellos incremento en la ganancia de peso de 500 a 650 g de peso extras a los 40 días de edad, reducir el periodo de engorda en 8 a 10 días, reducir el índice de conversión en una o dos décimas, aumentar el rendimiento de pechuga en 2 a 3 %, además se está estudiando la resistencia a la ascitis, el calor y a algunas enfermedades (Hernández, *et al.* 1998).

Para poder sostener los niveles de producción que se especula en el párrafo anterior, es necesario un soporte alimenticio apropiado para los pollos, a fin de que estos puedan expresar su potencial genético.

2.1.3. Situación de la industria de los alimentos balanceados

La producción de alimentos balanceados se incrementó de 14 millones de toneladas en 1996 a 19.3 millones de toneladas en 1999, representando una tasa de crecimiento anual de 9.2% (Canacintra, 2000). Con ello México ocupa el octavo lugar en el mundo y el segundo en Latinoamérica, después de Brasil, en producción de alimentos balanceados (Russell, 2000).

Existen dos tipos de fabricas de alimentos balanceados: las comerciales, que fabrican alimentos para comercializarlo y usualmente tienen canales para distribución; mientras que los productores integrados, son grandes empresas que producen para ellos mismo y para otras granjas o ranchos (Russell, 2000). Durante 1999, los productores integrados, con 240 plantas de alimento, produjeron 66% (12.7 millones de toneladas) del total de alimentos balanceados de México; y los comerciales, con 120 plantas de alimento, 34% (6.6 millones de toneladas), siendo la producción total de alimentos balanceados en ese año de 19.3 millones de toneladas (Canacintra, 2000).

El consumo nacional aparente de alimentos balanceados se incrementó de 14.1 millones de toneladas en 1996 a 19.5 millones de toneladas en 1999, en ese mismo año 99% de la demanda nacional de alimentos balanceados fue cubierta con la producción nacional y sólo el 1 % se importó (Cuadro 4).

Sin embargo aunque el país es autosuficiente en alimentos balanceados, se sigue dependiendo de la importación de materias primas, principalmente grano y semillas oleaginosas. Durante 1999 la industria de alimentos balanceados utilizó 12.4 millones de toneladas de granos forrajeros, de los cuales 5.9 provenían del extranjero (Canacintra, 2000), es decir, el 47.6% fue importado.

Cuadro 4. Producción, importaciones, exportaciones y consumo de alimentos balanceados en México de 1996-2000 (en miles de toneladas)

	1996	1997	1998	1999	2000
Producción	13 990	15 076	17 240	19 335	20 000
Importaciones	134	149	186	193	200
Exportaciones	0	0	0	0	0
Consumo	14 124	15 255	17 426	19 528	20 200

Fuente: Canacintra y Banco Nacional de Comercio Exterior

La capacidad instalada de las 360 fabricas de alimentos balanceados en México es de 26 millones de toneladas, y sólo se usa el 74% de la capacidad instalada. Estas industrias generan 31 000 empleos directos y 124 000 indirectos. Estas fabricas se localizan principalmente en los estados de Jalisco, Sonora, Yucatán, Puebla y Nuevo León, México y La Laguna. El valor de la producción de alimentos balanceados durante 1999 ascendió a 45 000 millones de pesos, contribuyendo con esto con 1.25% del PIB Agropecuario y 1.27% del PIB Agroindustrial (Russell, 2000; Canacintra, 2000).

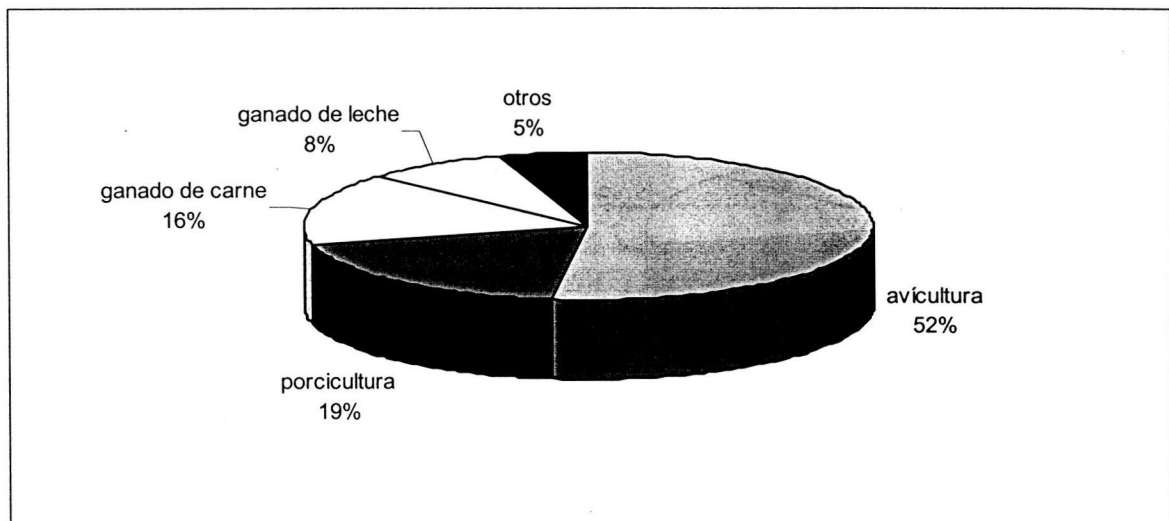


Figura 4. Consumo de alimentos balanceados por sector de producción

Como puede apreciarse en la Figura 4, la industria avícola es el principal sector que consume alimentos balanceados, con 10.0 millones de toneladas (52%), dentro de este sector los sistemas de producción de carne consumen 67% del alimento para aves y el 35% del total de alimento balanceado producido en el país.

Los principales insumos agrícolas utilizados en la elaboración de raciones para aves en el país son: granos forrajeros, principalmente sorgo, y pastas oleaginosas (Figura 5). Para 1999 se utilizaron 10.3 millones de toneladas de productos agrícolas para la elaboración de alimentos para la avicultura (UNA, 1999).

Al igual que el resto de los sectores de producción de alimentos balanceados, la industria avícola mexicana es dependiente de la importación de ingredientes alimenticios, de acuerdo con Russell, (2000) durante 1999 esta industria importó 9.3 millones de toneladas de ingredientes usados en la elaboración de raciones, de las cuales 5.9 correspondieron a sorgo o maíz, 1.8 a semillas de oleaginosas y 1.6 de otros ingredientes como ortofosfato, calcio, sal, metionina, lisina y pigmentos.

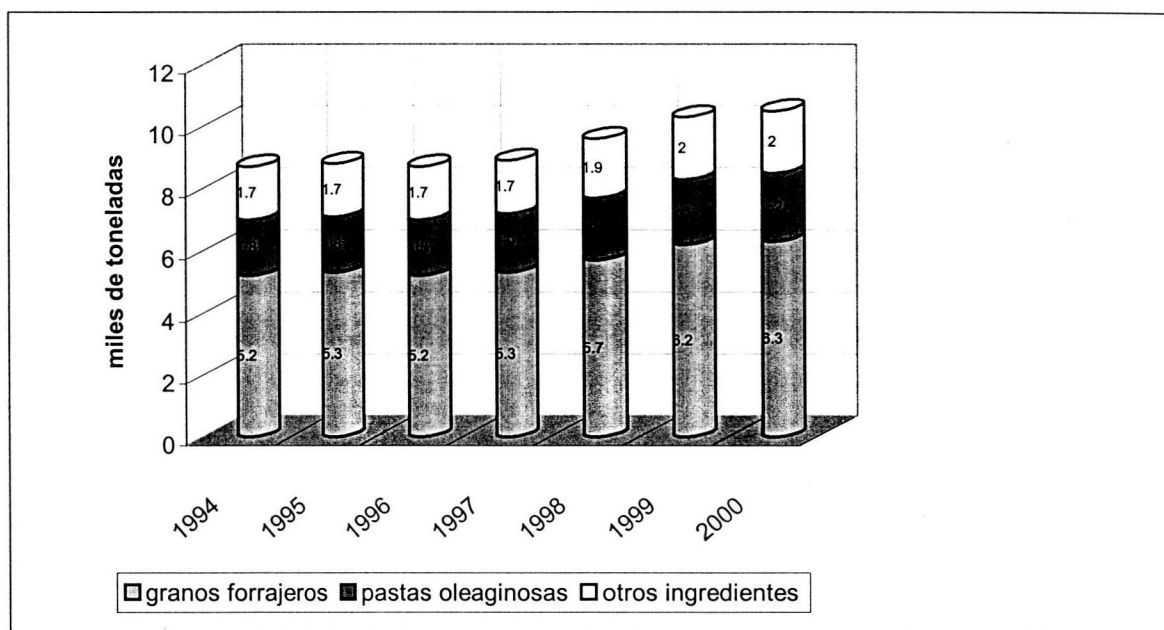


Figura 5. Consumo de insumos agrícolas para la avicultura (UNA, 1999).

2.2 Impacto de la investigación

Actualmente en México la mayoría de las empresas productoras de pollo de engorda formulan sus dietas a mínimo costo, tratando de cubrir un requerimiento mínimo de proteína y algunos aminoácidos limitantes, principalmente lisina, metionina y treonina, sin embargo se ha reportado que al usar un perfil de aminoácidos (Baker y Han, 1992) y valores de digestibilidad de aminoácidos (Parson, 1992), se mejora la eficiencia de utilización del alimento.

Peñalva, (1999) encontró una mejora de un 3% en cuanto a conversión alimenticia, con la implementación de estos conceptos en la formulación de raciones, si se toman como referencia los parámetros actuales para la avicultura nacional de 2.1 de conversión alimenticia (0.48 de eficiencia alimenticia) (Alonso, 2000), esto llevaría a tener una conversión alimenticia de 2.0 (0.49 de eficiencia), que parece insignificante, pero que si se aplicara a la producción nacional de carne de pollo de 1.8 millones de toneladas de carne de pollo con el parámetro actual se requieren teóricamente de 3.78 millones de toneladas de alimento, para producir la misma cantidad de carne de pollo con un mejor parámetro supuesto, al adoptar los conceptos de proteína ideal y digestibilidad de aminoácidos, se necesitarían 3.6 millones de toneladas de alimento, con un ahorro de 180, 000 toneladas de alimento, lo cual repercute en una mayor rentabilidad para los productores.

Un beneficio adicional es que al utilizar valores de digestibilidad de aminoácidos se pueden incluir en las raciones fuentes de proteína más barata, como la harina de carne que a pesar de tener baja digestibilidad de aminoácidos, esto no afecta el desempeño de los pollos, ya que su baja digestibilidad se complementan con el resto de los ingredientes o con aminoácidos sintéticos.

Además en México las granjas de pollo se han concentrado en ciertas zonas, principalmente cerca de las grandes urbes, que son los principales centros de consumo, esto ha traído como consecuencia que no se tengan terrenos suficientes para depositar las excretas de los pollos. Con ello se tiene un problema de contaminación de la tierra y de los mantos freáticos con nitrógeno, uno de los objetivos del uso de un perfil óptimo de aminoácidos es hacer eficiente el uso del nitrógeno disminuyendo su excreción (Baker y Han, 1992; Kerr, 1994).

2.3. Marco conceptual.

Las proteínas son sustancias de estructura compleja, cuyas moléculas contienen carbono, hidrógeno y nitrógeno, y en menor cantidad azufre y fósforo (Daura, 1990).

Los requerimientos de proteína varían con la edad, las aves jóvenes fijan gran cantidad de dichos principios en sus tejidos, mientras que las adultas las aprovechan a una escala menor (Daura, 1990).

Las proteínas del cuerpo o del huevo están constituidas por los mismos aminoácidos extraídos de las proteínas de la dieta, aunque su proporción y orden en las proteínas tisulares pueden ser bastante diferentes de las del alimento (Austic y Nesheim, 1994).

2.3.1. Importancia de las proteínas y aminoácidos

La proteína de la dieta es importante para el metabolismo, porque esta puede suplir aminoácidos esenciales, nitrógeno para la síntesis de aminoácidos no esenciales, y a través del metabolismo intermediario, puede dar lugar a glucosa, grasa, energía, y algunas vitaminas (Klasing, 1998).

Los aminoácidos se usan principalmente para la síntesis de proteínas. Además los aminoácidos libres y pequeños péptidos ayudan a mantener la osmolaridad de los fluidos corporales, actúan como amortiguadores de pH, y sirven como neurotransmisores, antioxidantes, y transportadores en el metabolismo intermediario. Algunos aminoácidos pueden ser metabolizados para formar una gran variedad de moléculas importantes para el metabolismo (Klasing, 1998), tales como la adrenalina y algunas de las sales biliares (Buttery y D'Mello, 1994).

2.3.2 Clasificación de los aminoácidos

Las aves sintetizan proteínas que contienen 20 tipos de L-aminoácidos y utilizan los aminoácidos libres para una gran variedad de funciones (Klasing, 1998). Nueve de estos aminoácidos no pueden ser sintetizados por las aves, debido a que estas no poseen las enzimas específicas para su síntesis, estos aminoácidos son: arginina, fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano, y valina. Estos aminoácidos son llamados *esenciales o indispensables* (Buttery y D'Mello, 1994).

Histidina, glicina y prolina pueden ser sintetizados pero no en cantidades suficientes para el metabolismo bajo condiciones específicas, por ejemplo se consideran esenciales para aves en rápido crecimiento (Baker, 1991; Austic y Nesheim, 1994; Klasing, 1998).

Los aminoácidos *semiesenciales o condicionalmente esenciales*, son aquellos que pueden ser sintetizados siempre que se encuentre en cantidades necesarias su precursor, tal es el caso de la cistina y la tirosina que pueden ser sintetizados cuando sus precursores (aminoácidos esenciales) metionina y fenilalanina están en cantidades adecuadas, respectivamente (Klasing, 1998).

El resto de los aminoácidos pueden ser sintetizados por las aves en cantidades adecuadas siempre que exista suficiente cantidad de nitrógeno en el alimento, estos aminoácidos son llamados *no esenciales o dispensables*. (Klasing, 1998). Cuando los pollos son alimentados con dietas muy bajas en proteína (Edmonds *et al.*, 1985; Kerr, 1993) o con dietas altamente purificadas, que no contienen proteína, sólo aminoácidos esenciales, deben complementarse con ácido glutámico que es una fuente apropiada de nitrógeno para la síntesis de aminoácidos no esenciales (Austic y Nesheim, 1994).

Las aves tienen la capacidad de usar ácido glutámico para obtener nitrógeno aminado, necesario para la síntesis transaminativa de aminoácidos a partir de su esqueleto carbonado, ya que en su intestino es muy activa la enzima alanina-aminotransferasa. El nitrógeno del ácido glutámico es absorbido principalmente como alanina (Baker, 1991).

Además del ácido glutámico existen otras fuentes de nitrógeno que se han utilizado experimentalmente, tales como citrato de amonio, glicina, prolina y ácido aspártico (Baker, 1991).

La calidad de la proteína presente en un alimento está en función de la cantidad, su digestibilidad y el balance de los aminoácidos. El aminoácido en un alimento que es más deficiente en relación al requerimiento del ave se le llama primer aminoácido limitante, el siguiente más deficiente se denomina como segundo aminoácido limitante, y así sucesivamente (Klasing, 1998). Para corregir una deficiencia de un aminoácido limitante en algún ingrediente, se puede usar otro ingrediente abundante en dicho aminoácido (Austic y Nesheim, 1994), o utilizar una fuente sintética del aminoácido, si la hay en el mercado (Cuca *et al.*, 1996).

2.3.3 Digestión de proteínas

Al llegar al proventrículo, el alimento se ponen en contacto con el HCl (Cuca *et al.*, 1996), las proteínas se desnaturalizan, es decir, se pierde la estructura terciaria, esto permite a las cadenas polipeptídicas desdoblarse, y tener mayor superficie de contacto para la acción enzimática de las proteasas (Murray *et al.*, 1997).

La pepsina es una endopeptidasa, producida en el proventrículo (Cuca *et al.*, 1996), que desdobla la proteína desnaturalizada hasta derivados polipeptídicos grandes. La acción proteolítica de la secreción pancreática se debe a tres endopeptidasas: tripsina, quimotripsina y elastasa, que atacan a las proteínas y polipéptidos liberados del estómago para producir polipéptidos, péptidos o ambos. La tripsina es específica para enlaces peptídicos de aminoácidos básicos y la quimotripsina para los enlaces peptídicos contenidos en residuos aminoácidos sin carga, como los aromáticos. La elastasa pese a su nombre, tiene una especificidad amplia para atacar enlaces próximos a residuos aminoácidos pequeños, como glicina, serina y alanina (Murray *et al.*, 1997).

El siguiente ataque a los polipéptidos producidos por la acción de las endopeptidasas lo lleva a cabo una exopeptidasa, carboxipeptidasa, que ataca al enlace peptídico carboxilo terminal (Murray *et al.*, 1997), con liberación de aminoácidos simples que el pollo puede absorber (Daura, 1990).

La digestibilidad aparente de un aminoácido es la cantidad del aminoácido que desaparece del tracto gastrointestinal, es decir, la diferencia entre la cantidad del aminoácido consumido menos la excretada en heces (Cuca *et al.*, 1996). Para determinar la digestibilidad verdadera de los aminoácidos se debe restar de la cantidad excretada la proteína endógena.

2.3.4. Uso de los valores de digestibilidad de aminoácidos

Hasta hace algunos años los nutriólogos usaban los aportes de proteína cruda, (Nitrógeno *6.25), y la cantidad total de los aminoácidos de los ingredientes para cubrir los requerimientos de los pollos (Cuca *et al.*, 1996; Firman y Boling, 1998), usando por lo general como base las recomendaciones del NRC, (1994) u otros estándares publicados (Cuadro 6).

Un balance adecuado tanto de aminoácidos esenciales y no esenciales es necesario para hacer eficiente la utilización de la proteína y así maximizar el crecimiento y producción (Cole y Van, 1994; Klasing, 1998). Esto también es muy importante desde el punto de vista económico, ya que el cubrir las necesidades de aminoácidos esenciales de las aves, representa del 40 al 45% de los costos de alimentación, y los valores de digestibilidad de aminoácidos son mejores indicadores del valor nutritivo de los ingredientes, que los valores de concentración total de aminoácidos (Cuca *et al.*, 1996).

Así que, además de la concentración y balance de aminoácidos se debe tener presente la fracción que es realmente disponible para el pollo. Un acercamiento a esta realidad es el uso de los valores de digestibilidad, encontrando por lo general que la cantidad digestible del aminoácido es menor a la cantidad del aminoácido total (Parson, 1991).

Parson (1990) realizó un estudio en el que trató de calcular los requerimientos de aminoácidos digestibles, recopiló dietas utilizadas en diferentes experimentos, a cada ingrediente le aplicó un coeficiente de digestibilidad y lo relaciono con el mejor desempeño productivo de las aves, y en general encontró que los requerimientos de aminoácidos digestibles fueron menores en un 8 a 10 % de las necesidades de los valores totales, aunque se debe tener en cuenta que los ingredientes que se usaron (maíz, pasta de soya) tienen alta digestibilidad y además que el 25 % ó más del contenido total de aminoácidos de dichas dietas se aportaban a partir de fuente sintéticas, las cuales tienen una digestibilidad casi del 100%.

En un esfuerzo para establecer las relaciones del NRC en una base digestible, se pueden asumir digestibilidades promedio para Lisina, aminoácidos azufrados y treonina en alrededor de 88%, y en aproximadamente 92, 84, 90 y 93% para metionina, cistina, valina y arginina, respectivamente (Parson, 1991), aunque esto no es siempre cierto ya que la digestibilidad de los aminoácidos es variable (Cuca *et al.*, 1996).

En el Cuadro 5 se puede encontrar la composición en aminoácidos, de algunos ingredientes comúnmente usados en México para la alimentación de las aves, se presentan promedios reportados por diferentes autores (Parson, 1992; Degussa, 1997; Mariscal *et al.*, 1997; Morales, 1999), así como los valores de digestibilidad para cada aminoácido.

Cuando se usan ingredientes de baja disponibilidad o digestibilidad en la formulación de dietas con base al contenido total de aminoácidos, no se tiene un ajuste

real a la demanda de las aves. Por cuanto los ingredientes son valorados en términos de aminoácidos digestibles y se usa este criterio para la formulación de las dietas, se observa una mejor asociación con el crecimiento de las aves (Shang *et al.*, 1994).

Cuadro 5. Composición en aminoácidos y porcentaje de digestibilidad de algunos ingredientes comúnmente usados en la alimentación de las aves

Autor	Parson, 1992			Degussa, 1997			Mariscal <i>et al.</i> , 1997			Morales, 1999		
	AAT	DIG	AAD	AAT	DIG	AAD	AAT	DIG	AAD	AAT	DIG	AAD
Sorgo												
Met	0.16	88	0.14	0.17	83	0.14	0.16	79	0.13	0.15	86	0.13
Cis	0.18	83	0.15	0.17	81	0.14	0.17	75	0.13	0.16	81	0.13
Lis	0.22	76	0.17	0.22	78	0.17	0.21	79	0.17	0.15	79	0.12
Treo	0.32	81	0.26	0.31	78	0.24	0.27	74	0.20	0.27	81	0.22
Arg	0.37	77	0.28	0.38	85	0.32	0.35	79	0.28	0.31	80	0.25
Trip	-	-	-	0.10	-	-	0.09	70	0.06	0.06	84	0.50
P.Soya	AAT	DIG	AAD	AAT	DIG	AAD	AAT	DIG	AAD	AAT	DIG	AAD
Met	0.70	92	0.64	0.67	92	0.62	0.59	87	0.51	0.64	90	0.57
Cis	0.73	83	0.61	0.72	84	0.60	0.66	81	0.53	0.67	83	0.55
Lis	3.05	90	2.75	2.85	90	2.57	2.75	89	2.45	2.93	89	2.61
Treo	1.90	89	1.69	1.81	89	1.61	1.72	86	1.48	1.74	86	1.49
Arg	3.70	92	3.40	3.34	92	3.07	3.25	90	2.93	3.29	91	2.99
Trip	-	-	-	0.59	-	-	0.59	96	0.57	0.78	85	0.66
Gluten	AAT	DIG	AAD	AAT	DIG	AAD	AAT	DIG	AAD	AAT	DIG	AAD
Met	0.62	97	0.57	1.47	97	1.43	1.45	92	1.33	1.62	93	1.51
Cis	0.15	87	1.00	1.04	89	0.93	1.10	81	0.89	1.28	86	1.10
Lis	1.00	88	0.88	1.08	90	0.97	1.05	83	0.87	1.13	86	0.97
Treo	2.13	93	1.98	2.09	93	1.94	2.02	87	1.76	2.24	92	2.06
Arg	2.05	96	1.97	1.88	96	1.80	2.00	93	1.86	2.19	93	2.03
Trip	-	-	-	-	-	-	0.34	85	0.29	0.46	83	0.38
H.carne	AAT	DIG	AAD	AAT	DIG	AAD	AAT	DIG	AAD	AAT	DIG	AAD
Met	0.68	85	0.58	0.68	81	0.55	0.69	83	0.57	0.65	79	0.51
Cis	0.55	59	0.32	0.50	61	0.31	0.36	63	0.23	0.57	48	0.27
Lis	2.65	79	2.09	2.51	76	1.91	2.55	78	1.99	2.51	77	1.93
Treo	0.67	79	1.32	1.59	75	1.19	1.59	77	1.22	1.56	74	1.15
Arg	3.25	85	2.76	3.45	78	2.69	3.46	82	2.84	3.81	76	2.89
Trip	-	-	-	0.28	-	-	0.29	78	0.23	0.26	73	0.18

AAT= aminoácidos totales; DIG = porcentaje de digestibilidad verdadera; AAD= aminoácidos digestibles.

El concepto de aminoácidos digestibles puede ser utilizado en la formulación de dietas de diferentes formas, y una de sus ventajas es que permite el uso de ingredientes no convencionales, con poca digestibilidad para muchos aminoácidos pero que pueden ser utilizados por su costo, y ser complementados con aminoácidos sintéticos para compensar su baja digestibilidad (Morales, 1999).

2.3.5 Absorción y transporte de aminoácidos

Los aminoácidos son absorbidos del lumen intestinal en forma de aminoácidos libres y pequeños péptidos. En el enterocito los péptidos son hidrolizados y los aminoácidos libres son transportados a través de la membrana basal. Una considerable proporción de aminoácidos libres en la sangre se encuentran dentro de los glóbulos rojos, el resto se encuentran en el plasma como aminoácidos libres. Los aminoácidos son dirigidos al hígado vía porta, donde algunos son removidos para realizar las funciones hepáticas, incluyendo la síntesis de proteínas secretorias y hepatocitos, gluconeogénesis, y oxidación. Los aminoácidos remanentes pasan a través del hígado y son liberados a los tejidos para cubrir sus necesidades anabólicas (Klasing, 1998).

Los enterocitos del yeyuno absorben activamente di- y tripéptidos, los cuales son hidrolizados por las peptidasas intracelulares. Los L-aminoácidos resultantes de la digestión luminal se transfieren a los enterocitos por mecanismos dependientes de sodio. Los aminoácidos intracelulares se difunden a través de la membrana basolateral para llegar al espacio intercelular y por último a los capilares portales (Ruckebusch, *et al.*, 1994).

Algunos aminoácidos pueden competir entre sí por el transporte. Así una concentración elevada de leucina en la dieta aumenta las necesidades de isoleucina. La arginina, cistina y ornitina inhiben el transporte de lisina, a su vez la arginina, lisina y ornitina inhiben el transporte de cistina. Algunos aminoácidos neutros inhiben el transporte de aminoácidos básicos, por ejemplo la metionina inhibe el transporte de lisina. Aparentemente los aminoácidos básicos no inhiben el transporte de los aminoácidos neutros. Además los aminoácidos básicos: ornitina, arginina, lisina, comparten un sistema de transporte común con la cistina (Church y Pond, 1998).

2.3.6 Metabolismo de aminoácidos

En la Figura 6 se representa en forma grafica un modelo propuesto por Kwakkel y Schreurs, (2000) para explicar en forma simple el metabolismo de los aminoácidos en el pollo.

El metabolismo de los aminoácidos comprende en general, cuatro procesos bioquímicos:

- Síntesis y degradación proteínica
- Incorporación de aminoácidos y nitrógeno dentro del ciclo del ácido úrico
- Conversión de esqueletos de carbono de aminoácidos a glucosa, grasa y energía, con la liberación de CO_2 y H_2O .
- Formación de derivados no proteínicos

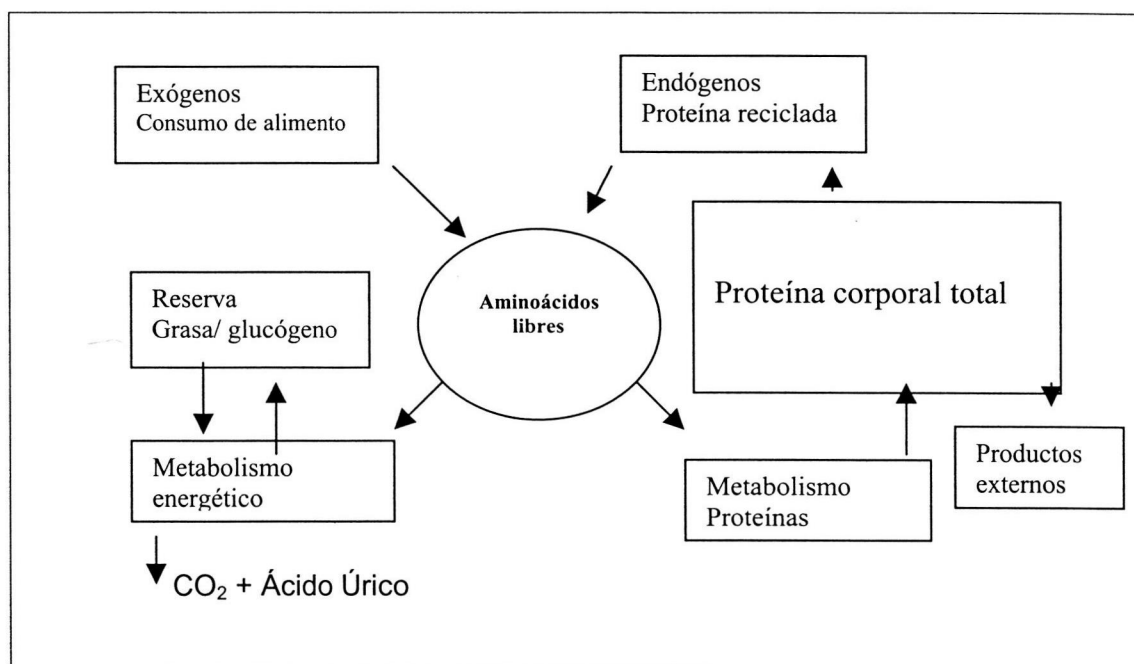


Figura 6. Modelo simple del metabolismo de aminoácidos y proteína total (Kwakkel y Schreurs, 2000)

Sin embargo cada aminoácido tiene un metabolismo diferente, por ejemplo la lisina sólo se emplea para la síntesis de proteína, mientras que otros aminoácidos esenciales, como la metionina, treonina y triptófano son empleados para otras funciones dentro del organismo o dan lugar a otros compuestos importantes en el metabolismo (Baker y Han, 1992).

A continuación se describen de forma general el metabolismo de algunos aminoácidos esenciales en el pollo de engorda.

La metionina es convertida en adenosilmetionina por la enzima metionina adenosiltransferasa, con gasto de ATP (Figura 7). Este compuesto es el principal donador de grupos metilo en las aves, y permite la síntesis de creatinina, carnitina, poliaminas, epinefrina, colina y melatonina, metabolitos importantes para el crecimiento de las aves. A diferencia de los mamíferos las aves son poco eficientes para sintetizar colina de fosfatidil aminoetanol (Baker, 1991), por lo que se debe suministrar esta vitamina en mayores cantidades, para evitar que la metionina se utilice como donadora de grupos metilo. Las funciones de la colina son: síntesis de fosfolípidos, formación de acetil colina y como betaina permite la remetilación de homocisteína a metionina (Simon, 1999).

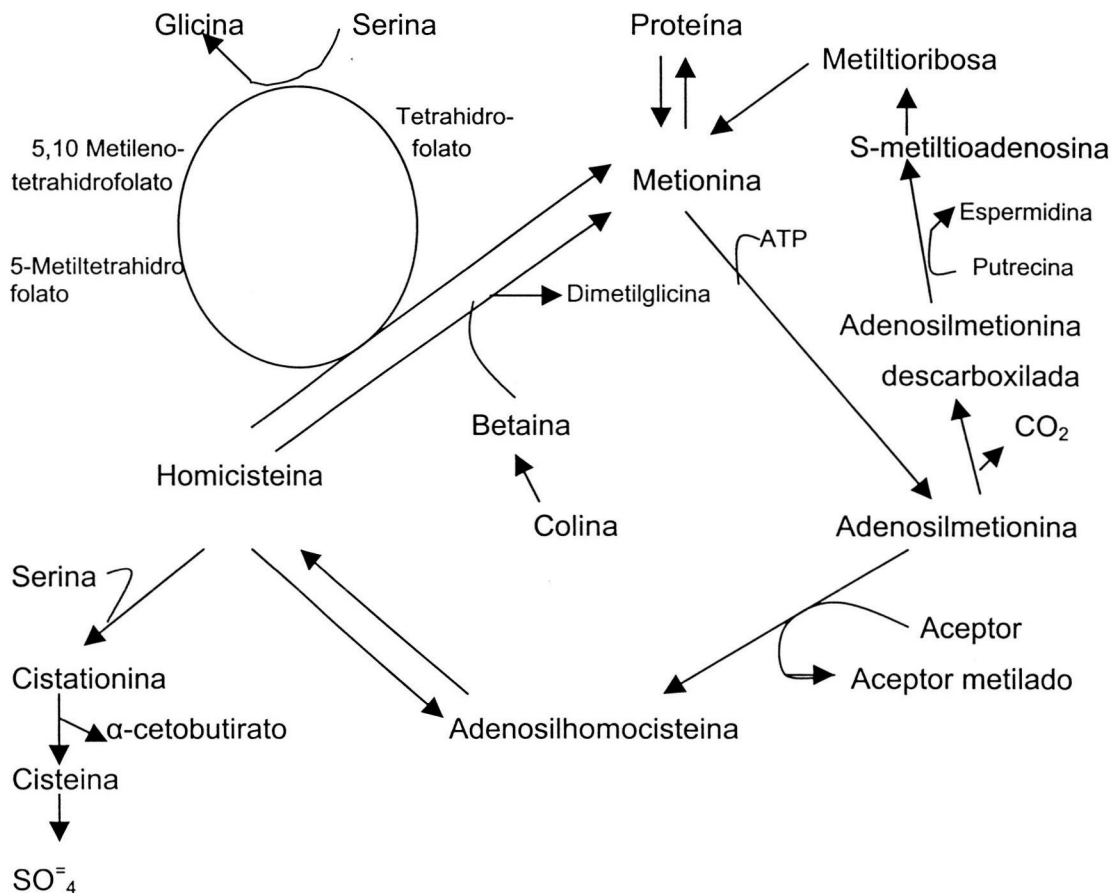


Figura 7. Metabolismo de la Metionina (Simon, 1999).

La treonina es desdoblada en acetaldehído y glicina por la treonina aldolasa. Después el acetaldehído se oxida a acetato, que luego se convierte en acetil-CoA (Figura 8).

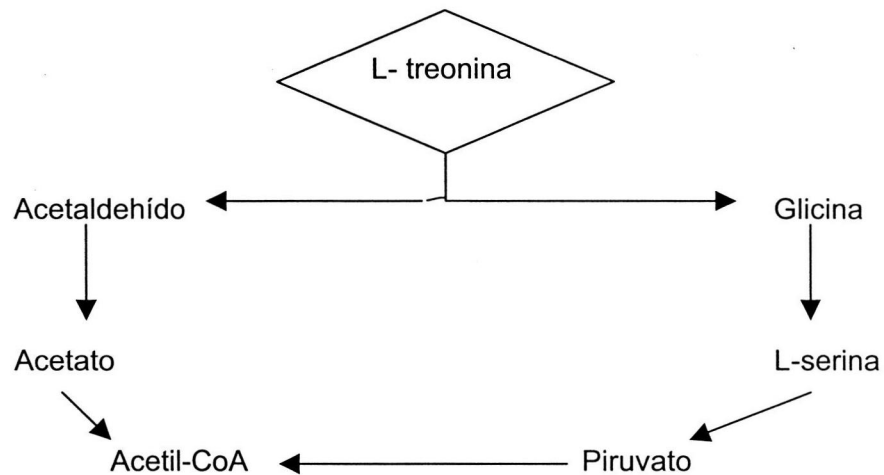


Figura 8. Metabolismo de la Treonina (Murray *et al.*, 1997)

La L-lisina se condensa con α -cetoglutarato, formándose una base de Schiff, la cual es reducida a sacaropina y luego oxidada por una segunda deshidrogenasa. La adición de agua forma L-glutamato y L- α -aminoadipato- δ - semialdehído (Figura 9).

La lisina es un aminoácido glucogénico y cetogénico, es decir, da lugar a glucosa y cuerpos cetónicos cuando no hay disponibilidad de carbohidratos. Es precursor de la carnitina, compuesto importante en el metabolismo de lípidos (Murray *et al.*, 1997), ya que contribuyen al transporte de ácidos grasos del citoplasma al interior de la mitocondria, en donde se libera energía de los mismos.

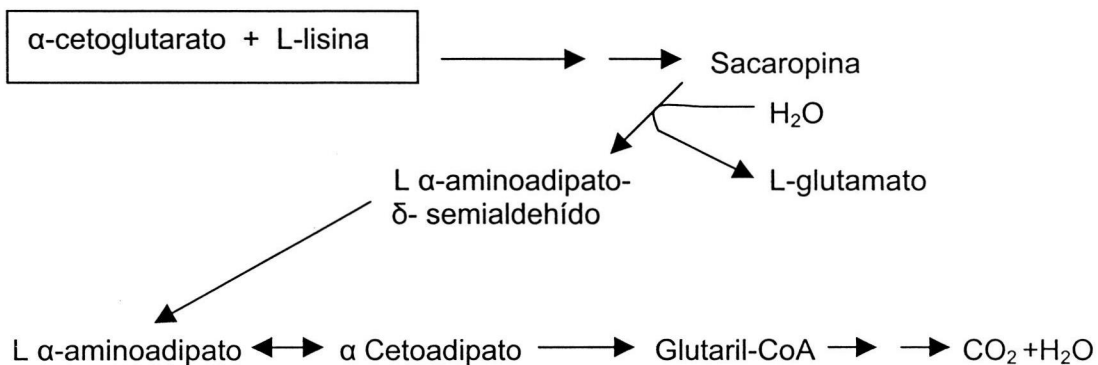


Figura 9. Metabolismo de la Lisina (Murray *et al.*, 1997).

2.3.7 Excreción de aminoácidos y nitrógeno

Los aminoácidos no aprovechados por el cuerpo del animal, una parte de ellos se convierte en energía, en el hígado y la otra es eliminada por los riñones, lo que significa que las proteínas pueden ser utilizadas como elementos energéticos, lo cual es ineficiente desde el punto de vista económico, ya que existen productores de energía más baratos (Daura, 1990).

Las aves excretan la mayor parte de su nitrógeno de desecho como ácido úrico, más que urea o amonio. El ácido úrico es una purina, que se sintetiza en el hígado y excretado por el riñón.

Dietas altas en proteína o con excesos de aminoácidos incrementa la síntesis de ácido úrico de las aves resultando en mayores requerimientos para arginina, metionina y glicina. Por cada mol que se sintetiza de ácido úrico se requiere un mol de glicina. El formiltetrahidrofolato dona grupos metilo para la síntesis de ácido úrico y estos grupos metilos pueden provenir de la metionina. Así que el requerimiento para glicina y metionina se incrementa directamente con el incremento en la proteína de la dieta (Klasing, 1998).

2.3.8 Requerimientos de aminoácidos

Las necesidades cuantitativas de aminoácidos dependen de tres procesos: 1) propósitos funcionales de las proteínas, síntesis de proteína o como precursores de otros metabolitos; 2) pérdidas endógenas de proteínas y aminoácidos; 3) la tasa a la cual los aminoácidos son perdidos por oxidación o por otras vías metabólicas. En pollos jóvenes en crecimiento los requerimientos de aminoácidos son mayores para el aumento de proteína y es proporcional a la tasa de crecimiento (Klasing, 1998).

En el Cuadro 6, se presentan algunas de las recomendaciones que se utilizan en México para cubrir las necesidades de proteína y aminoácidos.

En pollos jóvenes una deficiencia severa de un aminoácido se manifiesta en menores tasas de crecimiento y disminución en el consumo de alimento, por una distorsión en los niveles del aminoácido en el plasma y en el tejido (Cuca *et al.*, 1996). Una deficiencia moderada de un aminoácido esencial disminuye el consumo de alimento y causa una deposición de tejido adiposo desproporcional con relación al músculo esquelético. Si la deficiencia es muy marginal puede no causar disminución en

el peso corporal pero puede ser identificado por un incremento en la proporción de tejido adiposo, ya que el pollo consume más alimento para compensar la deficiencia marginal del aminoácido, lo que resulta en un exceso de consumo de energía (Klasing, 1998).

Cuadro 6 Estándares con los requerimientos de proteína, energía y aminoácidos para pollos de engorda

Autor	NRC, (1994)			Cuca <i>et al.</i> , (1996)	
Etapa (semana)	0-3	3-6	6-8	0-4	4-8
EM (Kca/kg)	3200	3 200	3 200	3000 – 3200	3000 - 3200
PC	23	20	18	21 – 23	18 - 20
Arginina	1.25	1.10	1.00	1.25	1.00
Glicina + Serina	1.25	1.14	0.97	1.10	1.00
Histidina	0.35	0.32	0.27	0.40	0.30
Isoleucina	0.80	0.73	0.62	0.80	0.70
Leucina	1.20	1.09	0.93	1.50	1.22
Lisina	1.10	1.00	0.85	1.25	1.00
Metionina	0.50	0.38	0.32	0.48	0.38
Met + Cistina	0.90	0.72	0.60	0.90	0.71
Fenilalanina	0.72	0.65	0.56	0.70	0.58
Phe + Tirosina	1.34	1.22	1.04	1.40	1.14
Prolina	0.60	0.55	0.46	-	-
Treonina	0.80	0.74	0.68	0.80	0.66
Triptófano	0.20	0.18	0.16	0.23	0.20
Valina	0.90	0.82	0.70	0.90	0.72

El balance de aminoácidos requerido para crecimiento es un reflejo del patrón de aminoácidos incorporado en la proteína del tejido muscular, debido a que las necesidades para incremento de proteína son considerablemente mayores que las necesidades para mantenimiento (Cuadro 7).

Cuadro 7. Perfil de aminoácidos de proteína corporal, proteína de plumas y requerimiento de mantenimiento en pollo de engorda

	Proteína corporal (g/ 16 g de N)	Proteína de plumas (g/ 16 g N)	Mantenimiento (Mg/ kg PV/d)
Lisina	7.5 (100)	1.8 (100)	29 (100)
Metionina	2.5 (33)	0.6 (33)	-
Metionina + Cisteína	3.6 (48)	7.6 (420)	113 (390)
Treonina	4.2 (56)	4.4 (240)	74 (250)
Triptófano	1.0 (13)	0.7 (39)	19 (66)
Arginina	6.8 (91)	6.5 (360)	120 (410)
Valina	4.4 (59)	6.0 (330)	61 (210)
Isoleucina	4.0 (53)	4.0 (220)	72 (250)
Leucina	7.1 (95)	7.0 (390)	124 (430)

Fuente: Degussa, 1996

En mantenimiento, el requerimiento para lisina es muy bajo con relación a los otros aminoácidos, mientras que la glicina y la histidina no son necesarios, la metionina, arginina y treonina son requeridos a niveles proporcionalmente mayores. Con niveles de aminoácidos a mantenimiento, el pollo sobrevive, pero no hay incremento de la masa muscular y demás funciones productivas (Figura 10).

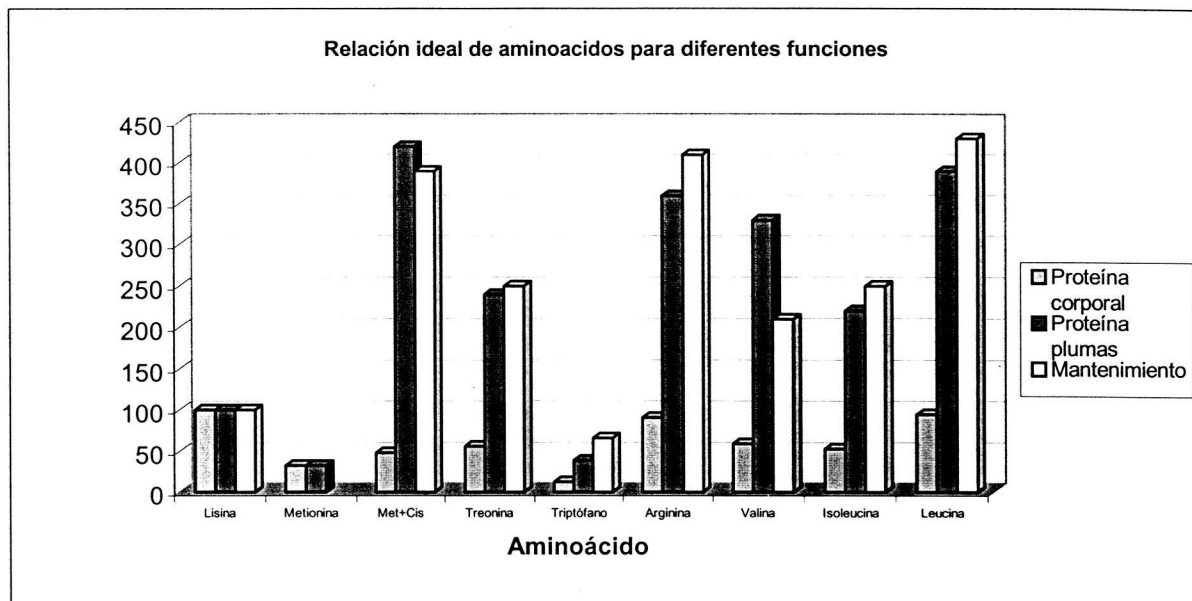


Figura 10. Relación ideal de aminoácidos para diferentes funciones

2.3.8.1 Efecto del sexo sobre los requerimientos de aminoácidos

La práctica de producir pollos por sexos separados no es nueva, desde que se desarrollaron las técnicas de sexado, se pudo separar hembras y machos, y se empezó a cuestionar si las necesidades nutricionales se afectasen por efecto del sexo de los pollos. Sorprendente como parezca las recomendaciones del NRC, (1994) no consideran esa posibilidad.

Thomas *et al.*, (1992) plantearon un trabajo para determinar las diferencias en las exigencias nutricionales de machos y hembras, considerando que los requerimientos abarcan el mantenimiento y la producción, y puesto que las hembras tienen un menor potencial para deposición de carne magra, concluyen que las hembras necesitan menos energía y aminoácidos que los machos, lo cual se aprecia en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Exigencias de aminoácidos según el sexo (% aminoácido/ Kcal. EM).

Edad (días)	1 a 21		22 a 42		43 a 53	
Aminoácido	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Lisina	0.368	0.345	0.318	0.304	0.241	0.227
Metionina	0.154	0.140	0.145	0.131	0.114	0.100
Met. + Cistina	0.273	0.273	0.254	0.227	0.209	0.186
Treonina	0.241	0.227	0.232	0.214	0.191	0.173
Triptófano	0.073	0.068	0.054	0.050	0.050	0.045
Arginina	0.400	0.377	0.368	0.323	0.300	0.268

Fuente: Thomas *et al.*, 1992).

Han y Baker, (1994) encontraron que el óptimo biológico para eficiencia alimenticia de lisina digestible es de 8.9 g/kg para machos y 8.5 g/kg de alimento para hembras, de tres a seis semanas de edad.

2.3.8.2. Niveles óptimos económicos

Existen varios factores que afectan los requerimientos de aminoácidos de pollos de engorda, tales como el sexo, el clima, la estirpe, proteína y energía de la dieta, entre otros, de ahí la complejidad de generalizar un requerimiento. Además existen factores más cambiantes, como son los económicos, ya que las fluctuaciones en el precio de la energía, proteína, aminoácidos sintéticos y carne de pollo influyen sobre los niveles óptimos, en este caso niveles óptimos económicos (NOE).

Pesti, (2000) ha desarrollado diferentes modelos matemáticos de producción de pollos de engorda con el objetivo de mejorar la eficiencia y rentabilidad, los cuales tratan de predecir el comportamiento productivo, bajo diferentes condiciones ambientales, nutricionales y genéticas. Así conociendo el efecto de cada uno de estos factores en el comportamiento de los pollos se puede simular el comportamiento productivo, reduciendo la variabilidad y el riesgo. Además la elaboración de los modelos puede ayudar a minimizar el riesgo del mercado, al permitir tomar buenas decisiones, sugiriendo ajustes durante los predecibles cambios y ciclos de precios de los productos agropecuarios.

Una parte muy importante de los modelos es la función de producción, que es la representación matemática de la relación entre el insumo básico, alimento y el

producto más importante: peso corporal. En el caso del pollo de engorda la función de producción es no lineal, y se ajusta a la ley de productividad marginal decreciente, también conocida como ley de ingresos decrecientes. Si se considera la función de producción, determinar cuanto alimento se requiere para maximizar la rentabilidad es sencillo, el punto donde la suma del costo del alimento es exactamente igual al costo del peso corporal resultante es el punto donde las utilidades están maximizadas. Si se alimenta a las aves por debajo de este punto se pierde potencial y se alimenta a las aves por encima de este punto se pierden recursos (Pesti, 2000).

Pack y Shutte, (1995) utilizaron un modelo econométrico basado en las funciones biológicas dosis- respuesta para determinar el nivel de aminoácidos azufrados más conveniente, considerando los ingresos en función de la ganancia de peso y los costos de la dieta en función de los cambios en los niveles de aminoácidos. Asumiendo precios de alimento de 370 dólares por tonelada, 3.60 por kilogramo de DL-metionina, 3.20 por kilogramo de lisina, y 3.30 en ganancia adicional por kilogramo de carne de pechuga de pollo. Con pollos Ross, de 15 a 38 días de edad, alimentados con una dieta con 3210 Kcal. EM/ kg. Encontraron que el nivel de metionina + cistina digestible verdadera que maximiza las utilidades es 0.82%.

Por otra parte Rostagno y Pack, (1995) utilizando pollos Ross machos, de 15 a 40 días de edad, con una dieta de 3200 kcal. EM/ kg. considerando precios de alimento de 370 dólares por tonelada, 3.60 por kilogramo de DL-metionina, 3.20 por kilogramo de lisina, y 3.30 en ganancia adicional por kilogramo de carne de pechuga de pollo. Encontraron que el nivel de lisina digestible verdadera que maximiza las utilidades es de 1.02%.

De acuerdo con Degussa, (1996) los resultados de los esos dos últimos experimentos extrapolados a una dieta típica maíz – pasta de soya, con aminoácidos totales, estos niveles corresponderían a 0.93% y 1.14% para metionina + cistina y lisina, respectivamente.

2.3.9. Interacciones entre aminoácidos

En el apartado de absorción de aminoácidos se menciona que algunas interacciones entre aminoácidos al nivel de intestino, en cuanto a absorción. Sin embargo Austic, (1978) reporta que las interacciones entre aminoácidos pueden ocurrir en general en fenómenos de transportación: absorción intestinal, reabsorción renal y

transporte dentro del tejido celular. Otros sitios potenciales de interacciones de aminoácidos son el catabolismo de aminoácidos, la síntesis de proteína, la tasa de degradación de proteína, síntesis de metabolitos esenciales y formación de metabolitos tóxicos.

Existen informes de interacciones específicas, en pollo de engorda, tales como el antagonismo arginina- lisina; el antagonismo entre aminoácidos de cadenas ramificadas(leucina- isoleucina- valina); interacción renal de arginina – glicina – metionina; metionina – treonina; histidina, fenilalanina y tirosina con arginina; treonina y glicina con arginina (Austic, 1978; D'Mello, 1988).

El antagonismo significa que las necesidades de un aminoácido esencial no el primer limitante aumenta por añadir en la dieta otro aminoácido de estructura parecida. Esto ocurre en el caso de la lisina y la arginina, ya que la haber un exceso de lisina aumentan las necesidades de arginina (D'Mello y Lewis, 1970), o viceversa (D' Mello, 1988), esto se debe a que comparten el mismo transportador al nivel de membrana, con lo que el exceso de uno de ellos inhibe la unión del otro al portador.

El exceso de lisina en la dieta incrementa la actividad de la enzima arginasa con el consecuente aumento en la degradación de la arginina (D'Mello, 1988). La interacción lisina – arginina puede ser modificada por la suplementación de electrolitos en la dieta, particularmente acetato de potasio, Scott y Austic, (1978) estudiaron esta interacción y concluyen que los cationes de la dieta no afecta el metabolismo de la arginina mediado por la arginina renal, pero el catabolismo de lisina se incrementa marcadamente por la adición de acetato de potasio.

Se ha encontrado una interdependencia en el metabolismo y requerimientos para leucina, isoleucina y valina. Al incrementar el nivel de leucina en la dieta se incrementa el requerimiento de valina (D' Mello y Lewis, 1970). Por otra parte los niveles de isoleucina afectan en gran manera el metabolismo y requerimiento de valina e isoleucina, así al incrementar el nivel de isoleucina se incrementan a la par los requerimientos de leucina y valina (D'Mello, 1988).

2.3.10. El concepto de “Proteína Ideal” en el pollo de engorda

Los primeros intentos de optimizar la utilización de la proteína de la dieta fueron realizados por Michell, (1924), en los que trato de minimizar la excreción de nitrógeno (Leclerq, 1998b). Posteriormente, Dean y Scott, (1965) adoptaron este concepto al pollo de engorda.

La proteína ideal se define como un balance de aminoácidos esenciales, sin excesos, ni deficiencias a los requerimientos del ave, con suficiente nitrógeno que permita la síntesis de todos los aminoácidos no esenciales (Baker y Han, 1994; Cole y Van Lunen 1994). Por conveniencia la proporción de cada aminoácido se expresa con relación a la cantidad de lisina.

Se toma como referencia a la lisina, porque ha sido ampliamente estudiada, y porque no se usa para otros propósitos que la síntesis de proteína (Baker y Han, 1992; Firman y Boling, 1998).

El requerimiento de aminoácidos esenciales con relación al requerimiento de la lisina representa el balance de aminoácidos en una proteína ideal. El balance ideal de aminoácidos para crecimiento, producción de huevo, y mantenimiento es comparable con al balance de aminoácidos en la canal y huevo de las aves. El balance ideal de aminoácidos requerido para crecimiento y producción de huevo es similares, debido a la similitud en el balance de aminoácidos en el tejido y en el huevo. El balance de aminoácidos requerido para mantenimiento es muy diferente del que se requiere para crecimiento o para producción de huevo (Klasing, 1998).

La formulación de raciones utilizando únicamente ingredientes naturales para poder satisfacer el primer aminoácido limitante, se conoce que contiene un exceso de varios aminoácidos dispensables e indispensables. Aunque la utilización de aminoácidos cristalinos para bajar la proteína cruda se ha estudiado por muchos años, aún existen dudas acerca de cuáles de los aminoácidos limitantes son requeridos en la dieta (Kerr, 1993).

Debido a que los pollitos no tienen el potencial para convertir a los aminoácidos extras en proteína corporal, un exceso de éstos traerá como consecuencia una utilización ineficiente de los aminoácidos, pudiendo deprimir el desempeño de las aves y conduciendo esto a una producción avícola no rentable. Por ello, es necesario un método para mejorar la eficiencia de formulación de dietas para pollo de engorda. Además conforme un mayor número de ingredientes alternativos llegan a ser más

económicos y el conocimiento para utilizar estos ingredientes en alimentos completos se llega a entender se deberá tener un enfoque más científico para mejorar nuestro entendimiento de una apropiada nutrición de aminoácidos para la producción de carne de pollo.

El concepto de “proteína ideal”, se refiere a un balance óptimo de aminoácidos en la dieta; un balance de aminoácidos en la proporción exacta requerida por el pollo; un patrón de aminoácidos dietarios, los cuales resultan en una mayor utilización de la proteína de la dieta; un balance de aminoácidos que no puede ser mejorado por la adición o sustitución de aminoácidos; o como aquella parte de la proteína cruda de la dieta que es completamente utilizada (Kerr. 1994).

Los componentes que determinan el óptimo perfil de aminoácidos son:

- a) el requerimiento neto para la formación de proteína corporal y plumas
- b) el requerimiento de mantenimiento
- c) la utilización de digestibles para la formación de proteína (Degussa, 1996)

En el Cuadro 9, se pueden ver algunos perfiles ideales de aminoácidos para pollo de engorda, que se han publicado. Estos se expresan como un porcentaje del requerimiento de lisina, es decir requerimiento de lisina igual a 100 %.

Las ventajas de la utilización de un patrón ideal de aminoácidos para la formulación de raciones son: 1. No existe información precisa de los requerimientos para muchos aminoácidos; 2. No existe o cuando menos es cuestionable la información de las concentraciones de aminoácidos en los alimentos; 3. El pollo de engorda de diferente potencial genético para ganancia magra de peso tiene diferentes requerimientos de aminoácidos; 5. El concepto de una proteína ideal, utilizando Lisina como patrón, simplifica la formulación de alimentos; y 6. Existe una considerable base de datos para las necesidades de Lisina en pollo de engorda. Adicionalmente una proteína ideal deberá ser igualmente aplicable para pollos de crecimiento rápido o lento, para pollos grasos o magros, para pollos alimentados con dietas altas o bajas en energía y finalmente para pollos alimentados con dietas altas o bajas en proteína (Baker y Chung, 1992).

La implementación del concepto ideal de aminoácidos es un proceso relativamente simple. Para formular una ración, se necesita conocer, los niveles totales de aminoácidos y la digestibilidad de éstos en cada ingrediente, más el requerimiento de lisina digestible para cada rango de edad/peso en el pollo de engorda. Una vez que se

ha determinado el nivel para lisina digestible, todos los demás aminoácidos digestibles serán relacionados a la lisina para poder llenar sus requerimientos. Lo que resta hacer es analizar la dieta para asegurarse de que es práctica y que no tendrá ningún impacto negativo sobre el desempeño productivo de los pollos (Kerr, 1994)

Cuadro 9. Perfiles ideales de aminoácidos para pollo de engorda publicados por diferentes autores.

Etapas (días)	0-21	21-49	1-21	0-14	14-35	> 35	20-40
Autor	1	1	2	3	3	3	4
L-lisina	100	100	100	100	100	100	100
L-arginina	105	105	105	105	107	109	112
L-histidina	37	37	32	-	-	-	-
L-metionina	36	37	36	41	43	45	38
L-cisteína	36	38	36	33	35	37	37
L-fenilalanina	55	55	55	-	-	-	-
L-tirosina	50	50	50	-	-	-	-
L- treonina	67	73	67	66	68	70	63
L-leucina	111	111	109	107	109	111	-
L- isoleucina	67	67	67	66	67	68	71
L-valina	77	77	77	76	77	78	81
L-triptofano	16	17	16	16	17	18	19
L-glicina o L-serina	67	50	65	-	-	-	-
L-prolina	33	20	44	-	-	-	-

1: Baker y Chung, 1992; 2: Baker y Han, 1994; 3: Degussa, 1996; 4: Mack *et al.*, 1999

Al ajustar un perfil de aminoácidos a las necesidades del ave, se evita la utilización de los aminoácidos para la producción de energía a partir de aminoácidos ya que cuando los aminoácidos son consumidos en exceso, experimentan la pérdida de sus grupos amino, cuyo nitrógeno debe ser excretado, y sus cadenas carbonadas pueden ser convertidas a glucosa vía gluconeogénesis u oxidados a través del ciclo de los ácidos tricarboxílicos, estos procesos metabólicos conllevan un alto costo energético (Peñalva, 1999), ya que la oxidación de proteínas incrementa las pérdidas metabólicas de energía (vía orina) e incrementa la producción de calor, con lo que la energía neta para producción es menor.

Una ventaja de usar un perfil de aminoácidos es que la relación de aminoácidos permanece igual para aves en cualquier potencial genético, aunque los requerimientos serán diferentes dependiendo de sexo, edad y estirpe, pero sobre todo de su capacidad de depositar tejido magro (Baker y Chung, 1992).

En Brasil, se realizaron una serie de experimentos con el fin de identificar los beneficios de la formulación con base en aminoácidos digestibles, manteniendo las relaciones de lisina con aminoácidos azufrados y treonina. Se utilizaron pollos de engorda machos de 21 a 42 días de edad, encontrando que cuando se formula con aminoácidos digestibles basado en pasta de soya y maíz, el comportamiento productivo de los pollos no se altera disminuyendo la proteína de 20 a 18.2%, aunque la calidad se perjudica. Además ellos probaron mediante análisis de contrastes que utilizando ingredientes alternativos (5% de harina de carne, 5% de harina de plumas, y 6.5% de harina de trigo), de baja digestibilidad, la formulación con base en aminoácidos digestibles proporciona resultados similares que al formular con pasta de soya y maíz, de alta digestibilidad, en cuanto a ganancia de peso (1517 vs 1528g) y conversión alimenticia (2.11 vs 2.08, respectivamente). Además el comportamiento productivo de los pollos fue superior ($P < 0.05$) cuando se utilizaron valores digestibles en contraste con valores totales en el caso de dietas con ingredientes alternativos, siendo la ganancia de peso 1517 vs 1460g y la conversión alimenticia 2.11 vs 2.17, respectivamente (Dari y Penz, 1996).

Otro estudio con proteína ideal y aminoácidos digestibles fue realizado por Farell *et al.*, (1999) quienes utilizando pollos de la estirpe Cobb, de un día de edad, compararon aminoácidos totales contra aminoácidos digestibles y cuatro niveles de formulación (1.0, 0.97, 0.94 y 0.91) de los requerimientos de aminoácidos totales y digestibles establecidos por Baker y Han, (1993) y Han y Baker, (1994), bajo el concepto de proteína ideal (Baker y Han, 1994; Baker y Chung, 1992) para pollos de engorda en iniciación y finalización. Aunque el estudio se realizó por sexos separados, no se encontró efecto de la interacción sexo x dieta, por lo que presentan los datos combinados.

El peso de los pollos a los 21 días de edad mayor ($P < 0.05$) para las dietas formuladas con aminoácidos totales (723 g), en contraste con dietas formuladas con aminoácidos digestibles (709 g). Las mismas diferencias ($P < 0.01$) en ganancia de peso se encontraron a los 41 días de edad (2189 vs 2152 g), de igual manera la conversión alimenticia fue mejor ($P = 0.05$) para las dietas formuladas con aminoácidos

totales contra digestibles (1.40 vs 1.43). El menor comportamiento de los pollos con aminoácidos digestibles, puede ser debido a que los requerimientos de aminoácidos digestibles para pollo de engorda no se conocen con precisión. Por otra parte, encontraron que la conversión alimenticia mostró una tendencia marcada de mejora a medida que el nivel de formulación se incrementaba del 91% al 100% del requerimiento de aminoácidos (Farell *et al.*, 1999).

Peña y Rodríguez, (1996) evaluaron el ciclo productivo de pollos de engorda utilizando una dieta basándose en aminoácidos digestibles bajo el concepto de proteína ideal en comparación con una dieta NRC, (1994), encontrando una mejor ($P<0.05$) ganancia de peso y conversión cuando se alimenta a los pollos con una dieta usando aminoácidos digestibles, únicamente en la etapa de 1 a 21 días de edad.

Posteriormente, se realizó un estudio en el que utilizando las técnicas de regresión se elaboró un perfil ideal de aminoácidos en función de dos objetivos, maximizar el desempeño biológico de los animales y maximizar la utilidad, llamados nivel óptimo biológico (NOB) y nivel óptimo económico, respectivamente. El NOB para pollos de 1 a 21 días de edad fue 1.14, 0.97, 0.83 y 1.4% para lisina, metionina +cistina, treonina y arginina, respectivamente, mientras que el NOE para los mismos aminoácidos fue 1.135, 0.97, 0.83 y 1.4%, siendo ligeramente superior el NOB para lisina en comparación con el NOE. Estableciendo un perfil de aminoácidos, tomando como referencia a lisina (100 %), 85% aminoácidos azufrados, 83% treonina, y 123% para arginina (González y Barrera, 1998). Este perfil es diferente al establecido por Baker y Han, (1994), ya que la relación de aminoácidos azufrados, treonina y arginina son mayores, lo cual se puede atribuir a las diferencias debido a la digestibilidad de aminoácidos, ya que por ejemplo la cisteína tiene una baja digestibilidad en comparación con lisina y metionina (Parson, 1991).

Morales y Ávila, (1999), en un estudio con proteína ideal en pollo de engorda encontraron un mejor comportamiento de los animales en la primera etapa de producción de 1 a 3 semanas con relación a los requerimientos del NRC de 1994, utilizando los valores sugeridos para los aminoácidos digestibles bajo el concepto de proteína ideal de Baker y Han, (1993), además las dietas con proteína ideal tuvieron mayores necesidades de adición de aminoácidos sintéticos, para iniciación y finalización.

2.3.11. Formulación de raciones para pollo de engorda

En un inicio las raciones se realizaban tomando en cuenta los requerimientos de proteína cruda (PC) del pollo y el aporte de PC de los ingredientes, luego en base a requerimientos de aminoácidos, además en base a aminoácidos analizados en laboratorio, posteriormente en el análisis de aminoácidos digestibles y el siguiente paso es balancear las raciones en base a proteína ideal (Firman y Boling, 1998).

La formulación de raciones a mínimo costo ha sido la principal herramienta para maximizar las ganancias de los fabricantes de alimentos y engordadores de pollo de engorda, al minimizar el costo de la dieta con contenidos de nutrientes pre-establecidos (estándares) para cada alimento (Pesti, 2000). La limitante de este método de formulación es que no determina la efectividad de cada alimento formulado en el comportamiento productivo del animal o con respecto a la estrategia correcta de procesamiento para mayores retornos con respecto a los precios del mercado.

Actualmente se formulan raciones de alimento sin tomar en cuenta la información de precios de mercado para productos alternativos. Sin embargo a futuro las empresas más rentables serán aquellas que mejor predicen como se desempeñara su parvada. Los cambios en factores económicos son menos predecibles, mientras que cambios en factores técnicos, tales como estirpe, disponibilidad de ingredientes, formulación de raciones y temperaturas pueden ser más fácilmente predecibles (Pesti, 2000).

La elaboración de los modelos se complica cuando existe interacción entre los factores, que afectan la función de producción (Pesti, 2000), cual es el caso de los perfiles de aminoácidos, ya que estos tienen diferentes interacciones entre sí biológicamente, por lo que la elaboración de modelos utilizando el concepto de proteína ideal se complica, ya que se toman los perfiles de aminoácidos en conjunto. Sin embargo la formulación econométrica es compatible con el uso de aminoácidos digestibles y con el uso del concepto de proteína ideal (González, 1994).

2.3.12. Contaminación del ambiente con nitrógeno

En los últimos años a cobrado mucha importancia el aspecto ecológico de toda actividad, para disminuir el problema contaminación ambiental. Este también es el caso de la actividad avícola. La población de aves a crecido en forma significativa, lo que genera cada vez más excretas, por otro lado las tierras cultivables en donde se puede dejar el excremento es cada vez menos. Uno de los contaminantes de las excretas es el nitrógeno amoniacal (Kerr, 1993; Chambers y Smith, 1998).

Lo anterior fue evaluado en un estudio realizado en 1996 en el Reino Unido, en ese país se producen 4.2 millones de toneladas de excremento de aves, las cuales contienen aproximadamente 100 000 toneladas de nitrógeno. Aunque este es un producto que puede ser utilizado como fuente de nitrógeno en Tierras de cultivo, durante el transporte, almacenamiento y deposición en los terrenos se producen pérdidas significativas en forma de amonio (44, 000 toneladas por año), lo que representó el 19 % de las emisiones totales de amonio. (Chambers y Smith, 1998). Los mismos autores estimaron que para usar apropiadamente el excremento de las aves se requieren 2.0 hectáreas de tierra por cada 1000 aves.

A medida que la industria avícola ha crecido y la disponibilidad de tierras para desechar el estiércol ha disminuido, las pérdidas de nitrógeno a la superficie terrestre o al agua superficial representan un problema de contaminación, de tal manera que se deben tratar de evitar estas perdidas. Esto se puede hacer previniendo la alimentación en exceso de proteína, alimentando a las aves de acuerdo a sus necesidades con un mejor balance de la proteína de la dieta lo cual mejora la digestibilidad y disponibilidad de aminoácidos.

Según Lesson y Summers, (1991) el excremento de pollo de engorda contiene 4.0 % de nitrógeno en base fresca y 5.0 % en base seca, del total del nitrógeno el 45 % corresponde a la fracción de proteína verdadera, el 30 % ácido úrico, 14 % amoniaco, 2.7 % urea, 3.5 % creatinina y otros 4.8 %. Además considerando pollos de 1.8 kg de peso corporal promedio, durante un periodo de 6 semanas, la producción de excretas de 1000 aves sería de 3 toneladas.

Otra alternativa es disminuir la proteína en la dieta y proporcionar un perfil de aminoácidos en la dieta, esto último en la actualidad es posible gracias a la disponibilidad en el mercado de aminoácidos sintéticos, lo cual permite balancear una dieta para cubrir los requerimientos de la mayoría de los nutrimentos y los más

limitantes proveerlos en forma sintética. Se ha sugerido previamente (Kerr, 1993) que por cada unidad porcentual que se reduzca en la proteína cruda de la dieta, las pérdidas totales de nitrógeno fecal y urinario pueden ser reducidas en aproximadamente un 8 %.

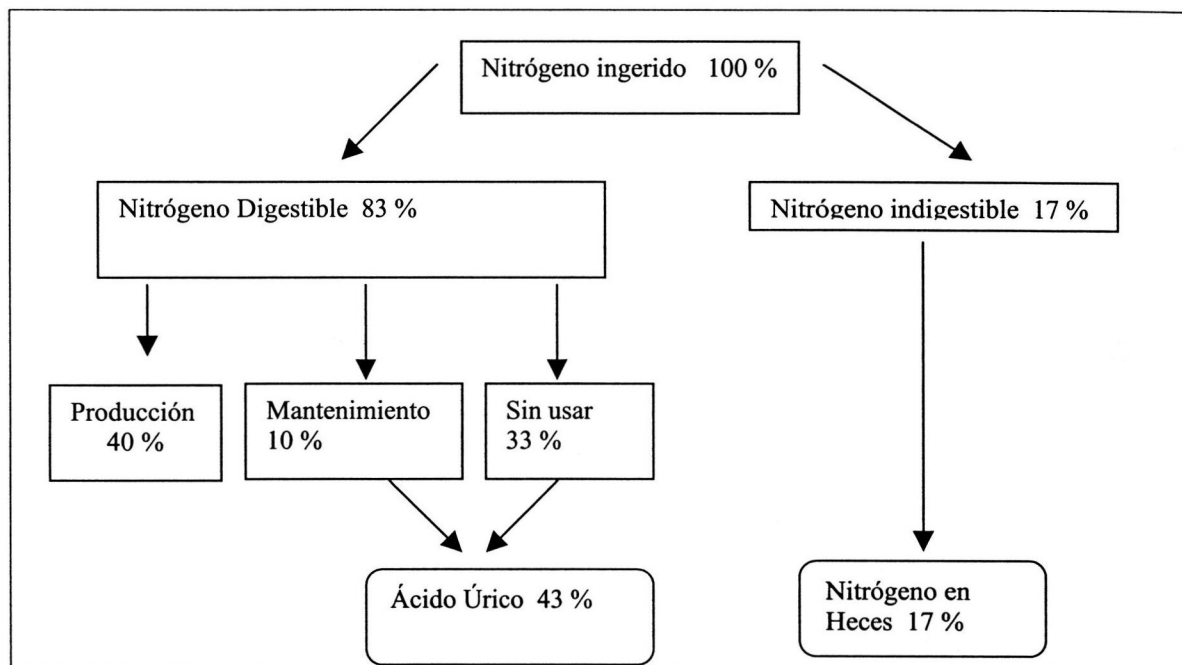


Figura 11. Metabolismo del nitrógeno en las aves (Shutte y Van Der Klis, 1994).

2.3.13. Calidad y composición de la canal

En años recientes la composición de la canal de los pollos ha recibido una gran atención, como resultado del procesamiento industrial de las aves. Debido a la demanda de los consumidores y a los sobrepagos pagados, tanto por los restaurantes, como por los mercados menoristas, la carne de la pechuga se ha convertido en el tejido de mayor importancia económica para la industria avícola (Halpin, 1992).

La calidad de la canal del pollo de engorda debe ser juzgada en términos del uso final del consumidor, dicha calidad depende de las cantidades de carne y grasa, éstas cantidades no sólo varían con la edad, el sexo y el estirpe, sino que el grado de expresión, puede ser fuertemente alterado por la nutrición, particularmente por la proteína y adecuación de los aminoácidos esenciales (Moran y Bergili, 1990).

En la actualidad es ampliamente aceptado que el músculo (la pechuga de pollo) contiene altos niveles de lisina, y experimentalmente se ha encontrado que una restricción en lisina, provoca una disminución en la deposición de carne de la pechuga e incrementa la gordura en pollos de engorda (Moran, 1991). Por lo tanto el aseguramiento de una cantidad adecuada de lisina en la dieta y un buen balance con los otros aminoácidos esenciales, son claves para lograr una mejor calidad de la canal en el pollo de engorda.

Se ha dicho que los requerimientos de lisina y algunos otros aminoácidos son mayores que los que se necesitan para lograr un máximo rendimiento, mayores que los de máximo crecimiento y mayores que los que generan la mejor conversión alimenticia. Para probar esto Halpin, (1992) realizó un estudio en el que utilizó cinco niveles de lisina (85, 95, 105, 115 y 125 % de lisina con respecto a NRC, (1984) y encontró que el nivel que permitía maximizar el peso de la pechuga fue 125%, mientras que el máximo peso corporal a los 49 días se alcanzó con 105 % y la máxima eficiencia alimenticia en el nivel 95 %. En dicho trabajo se utilizaron pollos Paterson X Arbor Acres y el autor sugiere que con otras estirpes, como Ross, la sensibilidad a la respuesta a lisina será mayor. Concluye que para mejorar las características de la canal, principalmente la pechuga, se debe incrementar de 25 a 35 % el aporte de lisina, con respecto al requerimiento de lisina que recomienda NRC, 1984, considerando que el requerimiento de lisina es mayor al del NRC de 1994.

Dari y Penz, (1996) probaron dos relaciones treonina: arginina (67:100 vs 70:100), en pollos de 21 a 42 días de edad y encontraron que con la relación 70:100 se obtienen una mejor calidad de canal que con la relación 67:100 cuando las dietas se disminuyen de 20 a 18.2 % de proteína.

En Europa, se realizaron dos experimentos para investigar al respuesta de pollos de engorda, machos de las razas Ross o Isa en función del nivel de lisina, con pollos de 20 a 40 días de edad, con dietas maíz – pasta de soya, con 3160 Kcal. EM/ kg y 19 % de proteína. El óptimo rendimiento de carne en la pechuga, se alcanza con 1.03% y 1.10% de lisina, para Ross y Isa, respectivamente, utilizando análisis de regresión exponencial (Mack *et al.*, 1999).

En otro estudio se trabajo con treonina, bajo el esquema del experimento anterior, el rendimiento óptimo en la pechuga se alcanzó a 0.60% y 0.66% de treonina, para Isa y Ross, respectivamente. Además en estos estudios se comprobó que un perfil desbalanceado de aminoácidos, puede provocar que la energía en la dieta cause

deposición de grasa en lugar de utilizar la energía para la síntesis de proteína corporal, ya que se encontró que con un adecuado suplemento de metionina, lisina y treonina, bajo el concepto de proteína ideal, se reduce la deposición de grasa abdominal, siendo los efectos más marcados para metionina y lisina (Mack *et al.*, 1999). Esto último atribuido a la función común de la metionina y lisina de formar carnitina, compuesto clave en el metabolismo energético.

Webel *et al.*, (1996) condujeron un experimento para determinar el requerimiento de treonina de pollos de engorda, machos Ross X Hubbard, de 3 a 6 semanas de edad, encontrando que el requerimiento para el máximo comportamiento productivo fue 0.61% de treonina digestible (0.70% de treonina total) o 70% de la lisina de la dieta. Además se evaluó el efecto de la treonina en pollos de 6 a 8 semanas de edad conteniendo concentraciones de 0.40 a 0.56% de treonina digestible en incremento de 0.04%, encontrando que el nivel óptimo biológico se alcanza con 0.52% de treonina digestible (0.60% total). Mientras que los estudios de Kidd, (2000) con pollos de la misma genética (Ross X Hubbard) y edad, muestran que el nivel óptimo para maximizar el comportamiento productivo y la calidad de la canal fueron 0.66% y 0.67%, respectivamente.

Kidd *et al.*, (1997) encontraron que el mayor rendimiento de pechuga fue mayor para los pollos que recibieron una dieta con 100% de lisina recomendada por el NRC, (1994) y el 83 o 92% de treonina ó con el 105 % de lisina y 100 o 108% del recomendado por el NRC, (1994). La ganancia de peso y la conversión alimenticia óptimos se alcanzaron con 0.70% de treonina y las aves respondieron con un marcado incremento de carne en la pechuga a niveles mayores de 0.76% de treonina en la dieta. Además concluyen que la lisina y la treonina interactúan para incrementar la ganancia de peso y el rendimiento de carne en la pechuga.

En general, la mayoría de los estudios apuntan a que, además de que los requerimientos de aminoácidos para eficiencia alimenticia son mayores que para el aumento de peso, los requerimientos para un máximo rendimiento en canal y de pechuga, están por encima del nivel que se considera adecuado para la eficiencia alimenticia, de lo cual se han encontrado evidencias para lisina y treonina (Abebe y Morris, 1990a; Moran y Bilgili, 1990; Kidd *et al.*, 1997; Reyes, 2001). Por otra parte, al parecer las líneas genéticas más propensas a acumular carne en la pechuga son las que tienen más probabilidades de responder a los mayores niveles de aminoácidos sobre todo lisina (Reyes, 2001).

III. PROBLEMÁTICA, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. Problemática

Las condiciones ambientales de México son diferentes a las condiciones a las condiciones en que se desarrollaron los trabajos que culminaron en la publicación de algunos perfiles ideales de aminoácidos para pollo de engorda (Baker y Chung, 1992; Baker y Han, 1994; Degussa, 1996; Leclercq, 1998b; Mack *et al.*, 1999), ya que estos estándares fueron obtenidos con dietas purificadas o sintéticas o con base maíz + pasta de soya, mientras que en México se formula con base en sorgo y pasta de soya. Y las condiciones climáticas ambientales en México son a temperatura estacional, con una producción en casetas no controladas, generalmente.

Se requiere más información de los requerimientos de aminoácidos y aportes de los ingredientes, en una base digestible. Lo anterior dado que, algunas fuentes de proteína no convencional en la alimentación de las aves, no se usan, a pesar de ser más baratas, por dar una pobre respuesta animal, debido a que tienen baja digestibilidad (Parson, 1992; Morales y Ávila, 1999).

Existe controversia entre informes del comportamiento productivo de las aves, utilizando el concepto de proteína ideal. Peñalva, (1999) indica los beneficios productivos y económicos al utilizar proteína ideal y aminoácidos digestibles en la formulación de dietas para pollos en sistemas de producción comercial. Sin embargo otras investigaciones realizadas en México sólo encuentran una mejora en la productividad de los pollos en las primeras etapas de desarrollo (Peña y Rodríguez, 1996; Morales y Ávila, 1999).

Por lo anterior, se requiere más información del uso de estos conceptos en la formulación de dietas para pollo de engorda. También se debe tomar en cuenta que existen reportes que indican que el perfil ideal de aminoácidos varía de acuerdo con las condiciones ambientales, específicamente con la temperatura (Brake *et al.*, 1998), con el objetivo de producción, tales como ganancia de peso, conversión alimenticia, calidad de la canal (Leclercq, 1998a; Klasing, 1998) y con el modelo matemático que se utilice (Leclercq, 1998a) para establecer el perfil ideal de aminoácidos.

Finalmente, uno de los objetivos de utilizar un perfil ideal de aminoácidos es disminuir el nitrógeno en las heces. Pocos estudios se han realizado al respecto, y es de suma importancia ya que la investigación desde el punto de vista ecológico ayuda a

disminuir los problemas de contaminación ambiental, sin perder eficiencia en la producción y la calidad de la carne.

3.2. Hipótesis

El comportamiento productivo de los pollos de engorda puede ser diferente cuando se alimentan con dietas formuladas usando un perfil ideal de aminoácidos con base en su digestibilidad que cuando se alimentan con una dieta tradicional, con las recomendaciones del NRC, (1994).

El comportamiento de los pollos de engorda puede ser diferente cuando se utiliza un perfil de aminoácidos calculado a partir de los requerimientos de mantenimiento y producción que cuando se utiliza un perfil establecido a partir de ecuaciones de regresión.

La calidad de la canal y la excreción de nitrógeno pueden ser diferentes, utilizando diferentes perfiles de aminoácidos.

3.3. Objetivos

Calcular un perfil de aminoácidos a partir de los requerimientos para mantenimiento y producción de los pollos, usando datos productivos obtenidos en las condiciones del Valle de México y compararlo con los perfiles publicados.

Comparar el comportamiento productivo de pollos de engorda, durante todo el ciclo productivo, usando un perfil ideal de aminoácidos digestibles en contraste con un perfil de aminoácidos totales.

Determinar el efecto de utilizar los conceptos de proteína ideal y aminoácidos digestibles en la formulación de dietas para pollo de engorda, en el rendimiento y calidad de la canal y en la excreción de nitrógeno al ambiente.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización

El experimento se realizó en las instalaciones del campo experimental “Valle de México” (CEVAMEX), en Chapingo, Estado de México, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP- SAGAR), que se encuentra a una altitud de 2250 m. y con un clima C (W1)(w)(b)(i')g, que corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Con una temperatura media anual de 15.2° C y una precipitación anual de 644 mm. (García, 1988)

4.2 Tratamientos

Se utilizaron 600 pollos de engorda Ross 308 X Ross 308, alojados en jaulas tipo batería, por sexos separados, de 1 a 49 días de edad, los cuales fueron distribuidos completamente al azar en 60 unidades experimentales de 10 pollos cada uno, en seis perfiles de aminoácidos (Cuadro 10), y según el sexo.

Los perfiles de aminoácidos que se utilizaron fueron: para **D1**, los requerimientos establecidos por el NRC, (1994); **D2**, perfil de Baker y Chung, (1992) y Baker y Han, (1994); **D3**, perfil Degussa, (196); **D4**, perfil de Morales, (1998); **D5**, perfil de Leclercq, (1998b) y Mack, *et al.*, (1999); y **D6**, perfil calculado.

Para establecer el perfil de aminoácidos calculado (D6), se utilizó el método propuesto por Rose, (1997) (Anexo 7), utilizando los requerimientos para mantenimiento y producción establecidos (Boorman y Burgess, 1985; Degussa, 1996) y con datos productivos obtenidos bajo las mismas condiciones ambientales y con la misma línea genética (Ross X Ross), que las del presente experimento (Morales, 1999).

En el Cuadro 10 se pueden notar los perfiles de aminoácidos utilizados en cada tratamiento.

Cuadro 10. Perfiles de aminoácidos utilizados, con relación a lisina, por etapa de desarrollo

Perfil	D1**		D2*		D3*		D4*		D5*		D6*	
	INI	FIN	INI	FIN	INI	FIN	INI	FIN	INI	FIN	INI	FIN
Lisina	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
metionina+cistina	82	72	72	74	74	78	80	80	72	75	77	77
Treonina	73	74	67	73	66	68	71	71	58	63	69	69
Arginina	114	110	105	105	105	107	113	111	112	112	105	105

INI: iniciación, FIN: finalización. * Aminoácidos digestibles; ** Aminoácidos totales.

4.3 Dietas

Las dietas fueron elaboradas con programación lineal, para mínimo costo, con las restricciones pertinentes para obtener los niveles de nutrimentos a probar en cada tratamiento, usando el programa de optimización Solver de Microsoft Excel® 9.0, (2000), su composición se presenta en los Cuadros 11, 12 y 13.

Cuadro 11. Composición de las dietas experimentales para pollos de engorda de 1a a 21 días de edad, utilizando diferentes perfiles de aminoácidos.

Dieta	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Ingredientes						
Sorgo	57.148	56.144	56.515	56.295	56.622	56.386
P. Soya	29.38	30.86	29.92	29.58	29.89	29.92
Gluten	3.300	3.297	3.000	3.300	3.300	3.020
H. Carne	3.000	1.875	3.000	2.975	2.640	3.000
Aceite- soya	3.730	4.000	3.950	4.000	3.880	3.990
Sal	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
Carbonato	0.863	1.106	0.860	0.867	0.941	0.861
Ortofosfato	1.574	1.560	1.570	1.570	1.570	1.570
DL-Metionina	0.233	0.256	0.286	0.352	0.259	0.320
HCL- Lisina	0.206	0.259	0.263	0.271	0.269	0.263
L- Treonina	0.026	0.103	0.096	0.153	0.004	0.130
L- Arginina	0.000	0.000	0.000	0.097	0.085	0.000
Colina	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
Minerales ¹	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Vitaminas ²	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Olaquinox	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ETQ	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
CuSO ₄	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Composición nutricional						
Proteína (%)	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
EM (kcal)	3050	3050	3050	3050	3050	3050
Calcio (%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fósforo (%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Lisina (%)	1.20	1.12*	1.12*	1.12*	1.12*	1.12*

¹ Vitamina A (70,000,000 UI), vitamina D₃ (2,500,000 UI), vitamina E (15,000 UI), vitamina K (1 g), vitamina B₁ (1.25 g), vitamina B₂ (5 g), vitamina B₆ (1.25 g), vitamina B₁₂ (12 mg), ácido fólico (0.5 g), biotina (100 mg), ácido pantoténico (12.25 g), niacina (35 g); ² Hierro (80 g), zinc (80 g), manganeso (60 g), cobre (4 g), yodo (0.5 g), selenio (250 mg); * Digestible

Cuadro 12. Composición de las dietas experimentales para pollos de engorda de 22 a 42 días de edad, utilizando diferentes perfiles de aminoácidos.

Dieta	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Ingredientes						
Sorgo	62.258	63.230	62.874	63.054	63.282	64.923
P. Soya	24.42	22.44	23.12	22.48	22.43	21.90
Gluten	4.734	6.000	5.573	6.000	6.000	6.000
Aceite- soya	4.437	4.046	4.187	4.100	4.030	2.900
Sal	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
Carbonato	1.530	1.543	1.540	1.542	1.543	1.549
Ortofosfato	1.359	1.370	1.360	1.371	1.370	1.360
DL-Metionina	0.096	0.135	0.174	0.189	0.143	0.158
HCL- Lisina	0.194	0.235	0.219	0.234	0.235	0.245
L- Treonina	0.062	0.091	0.043	0.073	0.000	0.055
L- Arginina	0.000	0.000	0.000	0.047	0.057	0.000
Colina	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Minerales ¹	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Vitaminas ²	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Olaquinox	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ETQ	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
CuSO ₄	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Pigmento	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
Composición nutricional						
Proteína (%)	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
EM (kcal)	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Calcio (%)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Fósforo (%)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Lisina (%)	1.00	0.89*	0.89*	0.89*	0.89*	0.89*

¹ Vitamina A (70,000,000 UI), vitamina D₃ (2,500,000 UI), vitamina E (15,000 UI), vitamina K (1 g), vitamina B₁ (1.25 g), vitamina B₂ (5 g), vitamina B₆ (1.25 g), vitamina B₁₂ (12 mg), ácido fólico (0.5 g), biotina (100 mg), ácido pantoténico (12.25 g), niacina (35 g)

² Hierro (80 g), zinc (80 g), manganeso (60 g), cobre (4 g), yodo (0.5 g), selenio (250 mg).

* Digestible

La composición nutricional de las dietas se calculó a partir del análisis químico proximal de los ingredientes (Anexo 8). En el caso de la composición de aminoácidos totales y su parte digestible fueron estimados usando las ecuaciones de regresión de Degussa, (1997), contenidas en el programa Amino Dat 1.1© de la misma compañía, a partir del análisis químico proximal de las dietas.

4.4. Diseño experimental y modelo estadístico

Se utilizó para analizar los datos un diseño experimental con dos criterios de clasificación: perfiles de aminoácidos (con seis perfiles) y sexo (machos y hembras). Con cinco repeticiones por tratamiento. El tamaño de la unidad experimental fue de 10 pollos (Steel y Torrie, 1985).

Cuadro 13. Composición de las dietas experimentales para pollos de engorda de 43 a 49 días de edad, utilizando diferentes perfiles de aminoácidos.

Dieta	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Ingredientes						
Sorgo	67.372	66.543	65.217	68.878	68.558	66.519
P. Soya	23.79	23.65	25.88	18.91	19.89	23.68
Gluten	2.591	2.964	1.573	6.000	5.352	2.942
Aceite- soya	2.948	3.133	3.641	2.196	2.338	3.134
Sal	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
Carbonato	1.375	1.376	1.363	1.402	1.397	1.375
Ortofosfato	0.907	0.910	0.904	0.924	0.921	0.910
DL-Metionina	0.035	0.177	0.261	0.207	0.166	0.204
HCL- Lisina	0.035	0.220	0.168	0.330	0.307	0.219
L- Treonina	0.037	0.117	0.083	0.111	0.036	0.080
L- Arginina	0.000	0.000	0.000	0.132	0.125	0.000
Colina	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Minerales ¹	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Vitaminas ²	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Olaquinox	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ETQ	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
CuSO ₄	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Pigmento	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
Composición nutricional						
Proteína (%)	18.0	18.1	18.1	18.1	18.1	18.1
EM (kcal)	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Calcio (%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Fósforo (%)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Lisina (%)	1.00	0.89*	0.89*	0.89*	0.89*	0.89*

¹ Vitamina A (70,000,000 UI), vitamina D₃ (2,500,000 UI), vitamina E (15,000 UI), vitamina K (1 g), vitamina B₁ (1.25 g), vitamina B₂ (5 g), vitamina B₆ (1.25 g), vitamina B₁₂ (12 mg), ácido fólico (0.5 g), biotina (100 mg), ácido pantoténico (12.25 g), niacina (35 g)

² Hierro (80 g), zinc (80 g), manganeso (60 g), cobre (4 g), yodo (0.5 g), selenio (250 mg).

* Digestible

El modelo estadístico que se utilizó es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta debida al i-ésimo perfil de aminoácidos, al j-ésimo sexo y a la k-ésima repetición.

μ = Media poblacional

α_i = Efecto del i-ésimo perfil de aminoácidos, i=1,2,3,4,5,6 perfiles

β_j = Efecto del j-ésimo sexo, j= macho, hembra

$\alpha\beta_{ij}$ = Interacción entre el perfil de aminoácidos y el sexo

ε_{ijk} = Error experimental

Los datos se analizaron por medio del análisis de varianza utilizando el paquete estadístico SAS, (1997). Después las medias se compararon mediante la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1985).

Además se contrastaron las medias de los tratamientos (perfil de aminoácidos) para determinar los factores que estaban incidiendo sobre las variables respuesta, usando la técnica de contrastes ortogonales. Los contrastes que se probaron se pueden apreciar en el Cuadro 14 (Anexo 9).

Cuadro 14. Contrastes ortogonales para contrastar las medias de grupos de tratamientos.

Contraste	Ecuaciones del contraste
Aminoácidos totales vs digestibles	$-5T1 + 1T2 + 1T3 + 1T4 + 1T5 + 1T6 = 0$
Bajos vs Altos en arginina	$0T1 + 1T2 + 1T3 - 1T4 - 1T5 + 0T6 = 0$
Altos en treonina vs Bajos en treonina	$0T1 + 0T2 + 0T3 - 1T4 + 1T5 + 0T6 = 0$
Perfiles publicados vs calculado	$0T1 - 1T2 - 1T3 - 1T4 - 1T5 + 4T6 = 0$
Perfil de Illinois vs Degussa	$0T1 - 1T2 + 1T3 + 0T4 + 0T5 + 0T6 = 0$

$T1, T2, T3, T4, T5, T6$ = Medias de los tratamientos D1, D2, D3, D4, D5 y D6, respectivamente.

4.5. Variables a medir

Se evaluó el comportamiento productivo de los pollos, para ello se cuantificó el consumo de alimento, los pollos se pesaron semanalmente para determinar la ganancia de peso, se calculó la relación alimento consumido: ganancia de peso; se reporta la eficiencia y la conversión alimenticia para comparar con los resultados de otros estudios en los que se emplean alguno de estos parámetros. Además se evaluó el rendimiento en canal y de cortes primarios pechuga, piernil (pierna y muslo), y retazo, en la canal se incluye la cabeza, el hígado y molleja, por ser la forma de comercialización local.

También se colectaron y pesaron las excretas durante tres semanas, una en cada etapa, en dos replicas de cada tratamiento, las excretas se secaron en una estufa a 55°C hasta peso constante. Luego, se tomaron muestras de 50 ramos de cada replica, se molieron y se llevaron al Laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Zootecnia, Chapingo, en el que se cuantificó el nitrógeno excretado en heces por medio del método Kjeldalh (AOAC, 1984). Este método consta de tres fases, primero el

nitrógeno de la muestra tiene que ser oxidado usando H_2SO_4 a sulfato de amonio $\text{< (NH}_4\text{)}_2\text{SO}_4\text{>}$, mientras que el carbono de la muestra es transformado a CO_2 , esta reacción puede ser acelerada por un catalizador. Luego se separa el amoniaco (NH_3) del sulfato de amonio, lo cual se logra con la adición de una solución fuertemente alcalina (NaOH 28 % p/v), el amoniaco es un gas el cual puede ser destilado por arrastre de vapor y recibirlo finalmente en una solución de ácido bórico (H_3BO_3).

El ácido bórico en presencia de agua se disocia en HBO_2^- y H_3O^+ y posteriormente el ión HBO_2^- reacciona con el amoniaco (NH_3) y forma amonio (NH_4) y borato (BO_2^-), cuantificando a este último se puede conocer en forma indirecta la concentración de nitrógeno en la muestra. Para valorar el ión borato, se neutraliza con una solución de HCl . El nitrógeno total de la muestra se calcula a través de la fórmula:

$$\% \text{ N} = [(\text{Vol} \times \text{N})\text{HCl} \times 0.014 \times 6.25] / \text{gramos de muestra}$$

4.6. Manejo de los animales

Antes de la llegada de los pollos se desinfecto la galera, las jaulas, los bebederos y los comederos, luego se asignaron al azar a las unidades experimentales. Durante todo el experimento se les proporcionó alimento y agua a libre acceso.

Los pollos estuvieron alojados en jaulas tipo batería, las cuales tenían calentadores eléctricos, los cuales se encendían a las 5:00 pm y se apagaban a las 10: am hasta la cuarta semana de edad. A los 28 días se cambio a los pollos a jaulas de finalización, sin fuente de calor, en las cuales permanecieron hasta el sacrificio.

A los 15 días de edad, los pollos fueron vacunados contra Viruela aviar cepa Gallina por punción en el ala, y a los 21 días de edad se aplico la vacuna contra Newcastle vía subcutánea.

V. RESULTADOS

5.1. Comportamiento productivo: etapa de iniciación

En el Cuadro 15 se muestran los resultados obtenidos de 1- 21 días de edad. En consumo de alimento y ganancia de peso el tratamiento D5 fue menor ($P<0.01$) al resto de los tratamientos. De igual manera en eficiencia y conversión alimenticia D5 presentó los menores ($P<0.05$) parámetros, sin ser superado por D1.

No se encontraron diferencias ($P>0.05$) por efecto del sexo para consumo de alimento, eficiencia alimenticia y conversión alimenticia. No así para la ganancia de peso, que fue afectada ($P<0.01$) por el sexo, siendo los machos mejores que las hembras (Cuadro 15).

Cuadro 15. Comportamiento productivo de pollos en engorda por sexos separados, de 1 a 21 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Efectos principales).

Perfil	Sexo	Consumo de alimento (g)	Ganancia de peso (g)	Eficiencia alimenticia	Conversión alimenticia
D1		839 ^a ± 11.97 [#]	632 ^a ± 11.83	0.752 ^{ab} ± 0.007	1.33 ^{ab} ± 0.012
D2		839 ^a ± 6.987	646 ^a ± 6.054	0.771 ^a ± 0.005	1.30 ^a ± 0.009
D3		830 ^a ± 10.77	638 ^a ± 9.071	0.769 ^a ± 0.006	1.30 ^a ± 0.010
D4		809 ^a ± 8.677	622 ^a ± 6.972	0.769 ^a ± 0.007	1.30 ^a ± 0.011
D5		580 ^b ± 18.54	417 ^b ± 9.336	0.723 ^b ± 0.022	1.39 ^b ± 0.049
D6		843 ^a ± 8.362	646 ^a ± 6.779	0.766 ^a ± 0.005	1.30 ^a ± 0.009
	Machos	796 ^x ± 19.49	610 ^x ± 16.49	0.765 ^x ± 0.004	1.31 ^x ± 0.008
	Hembras	784 ^x ± 17.75	590 ^y ± 15.35	0.752 ^x ± 0.008	1.33 ^x ± 0.018
Fuentes de variación		----- Probabilidad -----			
PI		0.0001	0.0001	0.0237	0.0217
Sexo		0.1641	0.0017	0.1571	0.1504
PI*Sex		0.1627	0.1267	0.9822	0.9398

^{a, b} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente ($P<0.05$)

^{a, b} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente ($P<0.01$)

^{x, y} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente ($P<0.05$)

[#] Error estándar (EE)

Se realizaron contrastes ortogonales entre las medias de grupos de tratamientos para determinar diferencias atribuidas al perfil de aminoácidos (Cuadro 14 y Anexo 1).

En el consumo de alimento hubo diferencias ($P<0.01$) debidas al nivel de arginina, siendo las dietas bajas en arginina (D2 y D3) las más consumidas en comparación con la dietas altas en arginina (D4 y D5). El nivel de treonina fue el que determinó el bajo consumo de D5, ya que fue menor ($P<0.01$) que D4 que presentaba las mismas características, sólo que con un nivel adecuado de treonina (Anexo 1.1).

Los perfiles con niveles altos de arginina (D4 y D5) presentaron una menor ($P<0.01$) ganancia de peso en contraste con dietas con menor aporte de arginina (D2 y D3). Por otra parte, el nivel de treonina fue determinante en la ganancia de peso, ya que los pollos alimentados con D5 presentaron la menor ganancia de peso ($P<0.01$), siendo esto un reflejo del bajo consumo de alimento (Anexo 1.2).

Cuadro 16. Comportamiento productivo de pollos en engorda por sexos separados, de 1 a 21 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Interacciones).

Perfil ideal	Machos	Hembras	Machos	Hembras
	CONSUMO DE ALIMENTO		GANANCIA DE PESO	
D1	869 ^a ± 4.933 [#]	810 ^a ± 13.83	659 ^a ± 9.018	604 ^a ± 13.17
D2	834 ^a ± 10.52	844 ^a ± 9.769	647 ^a ± 12.63	646 ^a ± 2.280
D3	836 ^a ± 19.58	824 ^a ± 11.00	653 ^a ± 12.75	623 ^a ± 9.912
D4	824 ^a ± 7.117	794 ^a ± 13.08	635 ^a ± 4.285	608 ^a ± 10.58
D5	570 ^b ± 9.447	590 ^b ± 37.51	418 ^b ± 8.167	415 ^b ± 18.02
D6	846 ^a ± 15.00	840 ^a ± 9.186	650 ^a ± 11.88	641 ^a ± 7.400
	CONVERSIÓN ALIMENTICIA		EFICIENCIA ALIMENTICIA	
D1	1.32 ^a ± 0.015	1.34 ^a ± 0.018	0.759 ^a ± 0.009	0.746 ^a ± 0.010
D2	1.29 ^a ± 0.009	1.30 ^a ± 0.014	0.776 ^a ± 0.006	0.765 ^a ± 0.008
D3	1.28 ^a ± 0.012	1.32 ^a ± 0.009	0.782 ^a ± 0.007	0.757 ^a ± 0.005
D4	1.30 ^a ± 0.020	1.30 ^a ± 0.013	0.771 ^a ± 0.012	0.767 ^a ± 0.008
D5	1.36 ^a ± 0.011	1.43 ^a ± 0.100	0.733 ^a ± 0.006	0.713 ^a ± 0.047
D6	1.30 ^a ± 0.018	1.31 ^a ± 0.003	0.769 ^a ± 0.011	0.764 ^a ± 0.002

^{a, b} Medias con diferente letra por sección son diferentes estadísticamente ($P<0.01$)

[#] Error estándar (EE)

La interacción del perfil ideal * sexo, no fue significativa ($P>0.05$) para ninguno de los parámetros medidos (Cuadro 15), lo cual se observa claramente el Cuadro 16, donde se muestran los promedios de las combinaciones de cada tratamiento tanto en machos como en hembras. En el cual se puede notar que el consumo de alimento y la ganancia de peso de los pollos, tanto de hembras como de machos, que consumieron D5 fueron menores ($P<0.01$) que los del resto de los tratamientos.

7.2 Comportamiento productivo: etapa de crecimiento

En el Cuadro 17 se muestran los parámetros productivos de los pollos de engorda en la etapa de crecimiento (22 - 42 días de edad). Se encontraron diferencias significativas en el consumo de alimento ($P<0.01$), ganancia de peso ($P<0.05$) y eficiencia y conversión alimenticia ($P<0.01$) por efecto del perfil de aminoácidos.

El mayor ($P<0.01$) consumo de alimento fue para D1, superando a D4 y D5, sin ser diferente de D2, D3, D6. Al contrastar las medias de los tratamientos (Anexo 2.1), se encontró que el nivel de arginina en la dieta afectó ($P<0.05$) el consumo de alimento, ya que las dietas altas en arginina (D4, D5), de hecho fueron las únicas a las que se adiciono L-arginina sintética (Cuadro 12), fueron menos consumidas que dietas con niveles bajos del mismo aminoácido (D2, D3). Por otra parte al contrastar D4 (alta en treonina) contra D5 (baja en treonina), no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en consumo de alimento.

En ganancia de peso D5 fue superior ($P<0.05$) a D4 y D6, sin superar a D1, D2, D3. Al contrastar las medias de ganancia de peso de los pollos (Anexo 2.2) que consumieron las dietas formuladas con aminoácidos digestibles (D2, D3, D4, D5 y D6) contra la dieta formulada con aminoácidos totales no se hallaron diferencias significativas ($P>0.05$). Además no se hallaron diferencias ($P>0.05$) entre el perfil ideal calculado (D6) y los obtenidos de la literatura (D2, D3, D4, D5).

El nivel de arginina no afectó la ganancia de peso de los pollos en este periodo, ya que al contrastar las medias de dietas con niveles altos de arginina (D4 y D5) contra las dietas con niveles bajos de este aminoácido (D2, D3), no se encontraron diferencias ($P>0.05$).

Se encontraron diferencias en consumo de alimento ($P<0.05$) y ganancia de peso ($P<0.01$) por efecto del sexo, siendo los machos superiores a las hembras en ambos parámetros.

Cuadro 17. Comportamiento productivo de pollos en engorda por sexos separados, de 22 a 42 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Efectos principales).

Perfil	Sexo	Consumo de alimento (g)	Ganancia de peso (g)	Eficiencia alimenticia	Conversión alimenticia
D1		2372 ^a ± 51.57 [#]	1202 ^{ab} ± 27.70	0.507 ^b ± 0.006	1.97 ^b ± 0.025
D2		2261 ^{ab} ± 32.31	1204 ^{ab} ± 10.44	0.534 ^b ± 0.010	1.88 ^{ab} ± 0.034
D3		2328 ^{ab} ± 45.84	1229 ^{ab} ± 33.98	0.528 ^b ± 0.009	1.90 ^b ± 0.031
D4		2225 ^b ± 38.47	1181 ^b ± 21.83	0.532 ^b ± 0.013	1.89 ^b ± 0.053
D5		2197 ^b ± 34.73	1295 ^a ± 24.56	0.590 ^a ± 0.011	1.70 ^a ± 0.032
D6		2308 ^{ab} ± 40.23	1185 ^b ± 32.04	0.513 ^b ± 0.010	1.95 ^b ± 0.040
	Machos	2319 ^x ± 28.15	1242 ^x ± 13.20	0.540 ^x ± 0.008	1.86 ^x ± 0.025
	Hembras	2245 ^y ± 20.30	1184 ^y ± 16.92	0.528 ^x ± 0.007	1.90 ^x ± 0.027

Fuentes de variación	Probabilidad			
PI	0.0074	0.0183	0.0001	0.0001
Sexo	0.0125	0.0022	0.1520	0.1709
PI*Sex	0.0041	0.4933	0.6009	0.7623

^{a, b} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente ($P<0.05$)

^{a, b} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente ($P<0.01$)

^{x, y} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente ($P<0.05$)

[#] Error estándar (EE)

Las dietas formuladas con aminoácidos digestibles (D2, D3, D4, D5, D6) fueron utilizadas más eficientemente ($P<0.01$) por los pollos para ganancia de peso que la dieta formulada con aminoácidos (D1). En este periodo se hallaron diferencias significativas ($P<0.05$) entre el perfil de aminoácidos calculado (D6) y los publicados (D2, D3, D4, D5), presentando mayor eficiencia estos últimos (Anexo 2.3 y 2.4).

Se encontró, en este periodo, que el nivel de arginina efecto ($P<0.01$) positivamente la eficiencia alimenticia, siendo mayor para dietas altas en arginina (D4, D5) contra dietas con menores niveles de arginina (D2, D3) (Anexo 2.3).

La interacción perfil de aminoácidos por sexo, sólo fue significativa ($P < 0.01$) para consumo de alimento, en el Cuadro 18, se pueden apreciar las medias y error estándar de las combinaciones de los factores. En cuanto a dicha interacción se puede ver una tendencia en las hembras a consumir menos con las dietas con más aminoácidos sintéticos.

Cuadro 18. Comportamiento productivo de pollos en engorda por sexos separados, de 22 a 42 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Interacciones).

Perfil ideal	Machos	Hembras	Machos	Hembras
	CONSUMO DE ALIMENTO		GANANCIA DE PESO	
D1	2496 ^a ± 52.49 [#]	2249 ^{ab} ± 40.27	1262 ± 27.03	1141 ± 29.95
D2	2227 ^{ab} ± 49.28	2294 ^{ab} ± 41.43	1224 ± 11.73	1184 ± 12.35
D3	2390 ^{ab} ± 50.37	2267 ^{ab} ± 70.91	1260 ± 53.09	1198 ± 43.64
D4	2244 ^{ab} ± 37.64	2206 ^b ± 71.11	1194 ± 29.84	1168 ± 34.21
D5	2244 ^{ab} ± 54.56	2148 ^b ± 36.03	1304 ± 10.18	1287 ± 50.74
D6	2407 ^{ab} ± 47.69	2209 ^b ± 10.37	1244 ± 34.15	1125 ± 40.76
	CONVERSIÓN ALIMENTICIA		EFICIENCIA ALIMENTICIA	
D1	1.98 ± 0.032	1.97 ± 0.041	0.506 ± 0.008	0.507 ± 0.010
D2	1.82 ± 0.053	1.93 ± 0.025	0.551 ± 0.016	0.517 ± 0.006
D3	1.90 ± 0.060	1.89 ± 0.028	0.527 ± 0.018	0.528 ± 0.008
D4	1.88 ± 0.038	1.90 ± 0.106	0.532 ± 0.011	0.533 ± 0.027
D5	1.65 ± 0.039	1.75 ± 0.042	0.608 ± 0.014	0.573 ± 0.014
D6	1.93 ± 0.030	1.97 ± 0.079	0.517 ± 0.008	0.509 ± 0.019

^{a, b} Medias con diferente letra por sección son diferentes estadísticamente ($P < 0.01$)

[#] Error estándar (EE)

5.3. Comportamiento productivo: etapa de finalización

En el Cuadro 19 se muestran el consumos de alimento, la ganancia de peso, la eficiencia y la conversión alimenticia de los pollos criados por sexos separados, alimentados con dietas con diferentes perfiles de aminoácidos, en la etapa de finalización (43 a 49 días de edad).

No se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en el consumo de alimento de los pollos por efecto del perfil de aminoácidos empleado, ni por efecto de sexo ($P>0.05$).

Al contrastar las medias sólo se encontraron diferencias ($P<0.05$) en el consumo de alimento, por efecto del nivel de arginina, siendo menor el consumo en las dietas con altos niveles de arginina (D4, D5) (Anexo 3.1), en contraste con dietas con niveles menores del mismo aminoácido.

Cuadro 19. Comportamiento productivo de pollos en engorda por sexos separados, de 43 a 49 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Efectos principales).

Perfil	Sexo	Consumo de alimento (g)	Ganancia de peso (g)	Eficiencia alimenticia	Conversión alimenticia
D1		981 ^a ± 33.05 [#]	367 ^a ± 7.162	0.377 ^a ± 0.010	2.67 ^x ± 0.067
D2		1007 ^a ± 28.81	365 ^a ± 13.43	0.363 ^a ± 0.013	2.78 ^x ± 0.089
D3		1037 ^a ± 35.07	402 ^a ± 23.78	0.390 ^a ± 0.023	2.64 ^x ± 0.139
D4		951 ^a ± 29.96	359 ^a ± 10.32	0.378 ^a ± 0.010	2.66 ^x ± 0.070
D5		967 ^a ± 22.86	361 ^a ± 17.14	0.374 ^a ± 0.019	2.73 ^x ± 0.121
D6		1035 ^a ± 28.34	395 ^a ± 19.64	0.383 ^a ± 0.018	2.66 ^x ± 0.117
	Machos	1009 ^x ± 19.07	381 ^x ± 9.936	0.378 ^x ± 0.009	2.68 ^x ± 0.058
	Hembras	984 ^x ± 15.96	369 ^x ± 9.118	0.376 ^x ± 0.010	2.70 ^x ± 0.328
Fuentes de variación		----- Probabilidad -----			
PI		0.2639	0.2574	0.9105	0.9280
Sexo		0.3235	0.3725	0.8805	0.8335
PI*Sex		0.8884	0.3989	0.4933	0.4201

^a Medias con la misma letra por columna no son diferentes estadísticamente ($P>0.05$)

^x Medias con la misma letra por columna no son diferentes estadísticamente ($P>0.05$)

[#] Error estándar (EE)

No se hallaron diferencias significativas ($P>0.05$) en la ganancia de peso de los pollos, ni por efecto del perfil de aminoácidos ni por sexo. Tampoco se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en eficiencia y conversión alimenticia, por efecto de ninguno de los factores en estudio.

La interacción entre los dos factores no fue significativa ($P>0.05$) para consumo de alimento, ganancia de peso, eficiencia y conversión alimenticia, por lo que son independientes.

En el Cuadro 20 se pueden apreciar las medias y error estándar de las combinaciones de los factores donde se observa que no se hallaron diferencias significativas ($P>0.05$) en ningún parámetro.

Cuadro 20. Comportamiento productivo de pollos en engorda por sexos separados, de 43 a 49 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Interacciones).

Perfil ideal	Machos	Hembras	Machos	Hembras
	CONSUMO DE ALIMENTO		GANANCIA DE PESO	
D1	962 ^a ± 50.55	1000 ^a ± 46.69	367 ^a ± 13.27	368 ^a ± 7.370
D2	1035 ^a ± 42.79	979 ^a ± 38.93	366 ^a ± 23.02	363 ^a ± 16.73
D3	1046 ^a ± 72.41	1028 ^a ± 15.83	415 ^a ± 22.12	389 ^a ± 44.41
D4	970 ^a ± 38.31	933 ^a ± 49.06	349 ^a ± 8.432	368 ^a ± 19.00
D5	976 ^a ± 22.40	958 ^a ± 42.56	355 ^a ± 25.17	365 ^a ± 26.00
D6	1066 ^a ± 41.25	1005 ^a ± 38.05	431 ^a ± 30.81	359 ^a ± 11.43
	CONVERSIÓN ALIMENTICIA		EFICIENCIA ALIMENTICIA	
D1	2.62 ^a ± 0.063	2.72 ^a ± 0.123	0.382 ^a ± 0.009	0.371 ^a ± 0.018
D2	2.85 ^a ± 0.119	2.72 ^a ± 0.138	0.354 ^a ± 0.016	0.372 ^a ± 0.021
D3	2.53 ^a ± 0.173	2.74 ^a ± 0.228	0.403 ^a ± 0.030	0.377 ^a ± 0.039
D4	2.77 ^a ± 0.081	2.54 ^a ± 0.091	0.361 ^a ± 0.010	0.396 ^a ± 0.014
D5	2.79 ^a ± 0.171	2.66 ^a ± 0.188	0.364 ^a ± 0.023	0.384 ^a ± 0.032
D6	2.52 ^a ± 0.189	2.81 ^a ± 0.127	0.407 ^a ± 0.032	0.359 ^a ± 0.016

^a Medias con la misma letra por sección no son diferentes estadísticamente ($P>0.05$)

Error estándar (EE)

5.4. Comportamiento productivo: de 1 a 49 días de edad

En los Cuadros 21 y 22 se muestran el consumos de alimento, la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia y el peso final de los pollos criados por sexos separados, alimentados con dietas con diferentes perfiles de aminoácidos, durante el periodo global de engorda (1 a 49 días de edad).

Se hallaron diferencias significativas ($P<0.01$) en el consumo de alimento por efecto del perfil de aminoácidos y por efecto de sexo. El menor consumo lo presentó D5, sin ser diferente de D4. Los machos consumieron más alimento que las hembras.

Cuadro 21. Comportamiento productivo de pollos en engorda por sexos separados, de 1 a 49 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Efectos principales).

Perfil	Sexo	Consumo de alimento (g)	Ganancia de peso (g)	Peso final (g)	Eficiencia alimenticia
D1		4193 ^a ± 55.0 [#]	2201 ^a ± 33.0	2241 ^a ± 33.0	0.525 ^a ± 0.005
D2		4107 ^a ± 52.9	2216 ^a ± 20.3	2256 ^a ± 20.2	0.540 ^a ± 0.005
D3		4196 ^a ± 60.0	2270 ^a ± 39.0	2310 ^a ± 39.1	0.541 ^a ± 0.006
D4		3986 ^{ab} ± 58.8	2152 ^{ab} ± 18.9	2192 ^{ab} ± 18.9	0.541 ^a ± 0.008
D5		3744 ^b ± 45.2	2063 ^b ± 21.0	2103 ^b ± 21.0	0.552 ^a ± 0.009
D6		4187 ^a ± 53.9	2224 ^a ± 42.9	2264 ^a ± 42.9	0.531 ^a ± 0.007
	Machos	4125 ^x ± 47.1	2239 ^x ± 22.7	2277 ^x ± 22.7	0.543 ^x ± 0.003
	Hembras	4013 ^y ± 35.1	2142 ^y ± 14.3	2179 ^y ± 14.3	0.533 ^x ± 0.004
Fuentes de variación		----- Probabilidad -----			
PI		0.0001	0.0001	0.0001	0.1416
Sexo		0.0071	0.0001	0.0001	0.1227
PI*Sex		0.0553	0.0230	0.0231	0.9555

^{a,b} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente (P<0.01)^{x,y} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente (P<0.01)[#] Error estándar (EE)

Al contrastar las medias de los tratamientos se encontró que las dietas formuladas con aminoácidos digestibles (D2, D3, D4, D5) presentaron un menor (P<0.01) consumo de alimento que la dieta formulada con aminoácidos totales (D1) (Anexo 4.1).

Al contrastar los promedios de las dietas altas en arginina (D4, D5) contra las dietas bajas en arginina (D2, D3), estas últimas fueron más (P<0.01) consumidas que las primeras, de hecho D4 y D5 presentaron los menores consumos de alimento en comparación con todos los otros tratamientos (Cuadro 21). Mientras que la dieta alta en treonina (D4) fue más (P<0.01) consumida por los pollos que la dieta con niveles más bajos de dicho aminoácido (D5) (Anexo 4.1).

En el Cuadro 21 se puede observar que tanto la ganancia de peso, como el peso final de los pollos fue afectado (P<0.01) por el perfil de aminoácidos y el sexo de los animales. La menor ganancia de peso (P<0.01) fue para los pollos que consumieron D5, sin superar a D4, mientras que los machos ganaron más peso que las hembras.

No se encontraron efectos significativos ($P>0.05$) del perfil de aminoácidos y del sexo sobre la eficiencia alimenticia. Sin embargo al contrastar las medias de las dietas formuladas con aminoácidos digestibles (D2, D3, D4, D5, D6) contra la dieta formulada con aminoácidos totales (D1) se encontró que la eficiencia fue mejor ($P<0.05$) en un 3% para el primer grupo (Cuadro 21 y Anexo 4.4).

No se encontró interacción ($P>0.05$) entre los factores para eficiencia alimenticia, no así para ganancia de peso y peso final, en los que la interacción fue significativa ($P<0.05$). Además se encontró una interacción entre los factores ($P<0.055$), ambas interacciones no mostraron una tendencia clara. Las medias y errores estándar de las combinaciones se pueden apreciar en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Comportamiento productivo de pollos en engorda por sexos separados, de 1 a 49 días de edad, utilizando seis perfiles de aminoácidos (Interacciones).

Perfil ideal	Machos	Hembras	Machos	Hembras
	CONSUMO DE ALIMENTO		GANANCIA DE PESO	
D1	4327 ^a ± 26.0 [#]	4059 ^{ab} ± 63.3	2287 ^{ab} ± 22.7	2114 ^{bc} ± 24.7
D2	4097 ^{ab} ± 87.4	4118 ^{ab} ± 69.9	2238 ^{abc} ± 29.3	2193 ^{abc} ± 27.2
D3	4272 ^a ± 91.2	4119 ^{ab} ± 70.5	2328 ^a ± 61.3	2211 ^{abc} ± 37.1
D4	4039 ^{ab} ± 59.6	3933 ^{bc} ± 103.0	2179 ^{abc} ± 31.8	2125 ^{bc} ± 15.4
D5	3794 ^{bc} ± 82.9	3696 ^c ± 33.2	2057 ^c ± 29.1	2068 ^c ± 33.7
D6	4320 ^a ± 45.1	4054 ^{ab} ± 47.5	2326 ^a ± 42.4	2121 ^{bc} ± 34.7
	PESO FINAL (g)		EFICIENCIA ALIMENTICIA	
D1	2328 ^{ab} ± 22.8	2154 ^{bc} ± 24.8	0.529 ^a ± 0.007	0.521 ^a ± 0.007
D2	2279 ^{abc} ± 29.3	2234 ^{abc} ± 27.1	0.547 ^a ± 0.008	0.533 ^a ± 0.004
D3	2369 ^a ± 61.4	2252 ^{abc} ± 37.0	0.545 ^a ± 0.009	0.537 ^a ± 0.009
D4	2219 ^{abc} ± 31.9	2166 ^{bc} ± 15.5	0.539 ^a ± 0.003	0.542 ^a ± 0.016
D5	2099 ^c ± 29.1	2108 ^c ± 33.6	0.557 ^a ± 0.011	0.546 ^a ± 0.014
D6	2367 ^a ± 42.4	2161 ^{bc} ± 34.7	0.539 ^a ± 0.010	0.523 ^a ± 0.010

^{a, b, c} Medias con diferente letra columna son diferentes estadísticamente ($P<0.05$)

^{a, b, c} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente ($P<0.01$)

[#] Error estándar (EE)

5.5. Rendimiento y calidad de la canal

En el Cuadro 23 se muestran el rendimiento en canal y cortes primarios de los pollos. Se hallaron diferencias por efecto del sexo ($P<0.01$) en peso al sacrificio, peso y rendimiento en canal, peso y rendimiento de la pechuga, y peso y rendimiento de retazo, siendo en todos los casos mayores para machos. Sólo el peso y rendimiento del piñón (pierna y muslo) fueron similares para machos y hembras.

Se detectaron diferencias significativas ($P<0.05$) en el rendimiento de la pechuga por efecto del perfil de aminoácidos, que al contrastar las medias de los tratamientos se encontró que las dietas con mayor cantidad de arginina (D4 y D5) presentaron un menor ($P<0.01$) rendimiento de pechuga en comparación con las dietas con un nivel más bajo de arginina (D2, D3), 20.6% contra 22% de rendimiento de la pechuga, respectivamente (Anexo 5.5).

La interacción del perfil de aminoácidos por el sexo no fue significativa en ninguna de las variables evaluadas, como se puede apreciar en el Cuadro 24.

5.6. Excreción de nitrógeno

En el Cuadro 25 se muestra el consumo y excreción de nitrógeno de los pollos en la etapa de iniciación se puede apreciar que se encontraron diferencias ($P<0.01$) en el consumo y excreción de nitrógeno en heces por efecto del perfil de aminoácidos, no así para el sexo ni para la interacción, los cuales no fueron significativos.

Se encontró que los pollos con D5 consumieron menor ($P<0.01$) cantidad de nitrógeno, debido al bajo consumo de alimento, a su vez fueron los que presentaron la menor cantidad ($P<0.01$) de nitrógeno excretada al ambiente. Sin embargo en porcentaje con respecto al nitrógeno consumido excretaron la misma cantidad de nitrógeno que el resto de los tratamientos.

Al contrastar las medias de los tratamientos se encontró que los pollos con la dieta tradicional (D1) consumieron más ($P<0.05$) nitrógeno y por lo tanto excretaron más ($P<0.05$) nitrógeno que las dietas formuladas con aminoácidos totales, aunque expresado en % no se encontraron diferencias en la excreción de nitrógeno (Anexo 6.1).

Cuadro 23. Rendimiento en canal y cortes primarios de pollos criados por sexos separados y alimentados con diferentes perfiles de aminoácidos

Perfil	Sexo	Peso vivo (g)	Canal (g)	(%)	Pechuga (g)	(%)	Pierna y muslo (g)	(%)	Retazo (g)	(%)
D1		2266 ± 125*	1866 ± 100	82.4 ± 0.74	481 ± 27	21.2 ± 0.39	493 ± 38	21.6 ± 0.67	891 ± 41	39.5 ± 0.87
D2		2333 ± 71	1921 ± 70	82.3 ± 0.83	501 ± 21	21.5 ± 0.73	516 ± 26	22.1 ± 0.60	904 ± 34	38.7 ± 0.46
D3		2366 ± 76	1967 ± 85	83.0 ± 1.51	532 ± 23	22.4 ± 0.52	516 ± 32	21.7 ± 0.74	919 ± 36	38.8 ± 0.94
D4		2333 ± 123	1866 ± 102	79.9 ± 0.82	482 ± 30	20.6 ± 0.46	495 ± 28	21.2 ± 0.51	888 ± 47	38.1 ± 0.22
D5		2316 ± 118	1862 ± 113	80.2 ± 0.91	479 ± 31	20.6 ± 0.32	500 ± 36	21.5 ± 0.66	882 ± 49	38.1 ± 0.51
D6		2450 ± 117	2031 ± 107	82.8 ± 0.65	542 ± 34	22.7 ± 0.38	532 ± 30	21.7 ± 0.58	956 ± 48	39.0 ± 0.35
	M	2450 ^a ± 52	2029 ^a ± 48	82.7 ^a ± 0.58	539 ^a ± 14	22.0 ^a ± 0.33	529 ^a ± 16	21.5 ^a ± 0.29	961 ^a ± 21	39.2 ^a ± 0.33
	H	2239 ^b ± 56	1809 ^b ± 49	80.7 ^b ± 0.50	467 ^b ± 14	20.8 ^b ± 0.21	489 ^a ± 38	21.8 ^a ± 0.39	852 ^b ± 19	38.1 ^b ± 0.37
Fuentes de Variación		----- Probabilidad -----								
PI		0.8594	0.7029	0.0777	0.3256	0.0333	0.9496	0.9734	0.7452	0.7452
Sexo		0.0158	0.0060	0.0111	0.0018	0.0038	0.1482	0.6812	0.0016	0.0016
PI*Sex		0.5086	0.7507	0.5990	0.8852	0.6559	0.7055	0.9635	0.7298	0.7298

^{a, b} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente (P<0.05)

* Error estándar (EE)

Cuadro 24 Rendimiento en canal y cortes primarios de pollos criados por sexos separados y alimentados con diferentes perfiles de aminoácidos

	Peso vivo		Canal				Pechuga			
	(g)		(g)		(%)		(g)		(%)	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
D1	2400 ±173	2133 ±176	1989 ±129	1743 ±136	83.0 ±1.01	81.8 ±1.18	517 ± 30	446 ± 38	21.6 ^{ab} ±0.8	20.9 ^{ab} ±0.1
D2	2433 ± 88*	2233 ± 88	2044 ± 80	1799 ± 58	84.0 ±0.26	80.6 ±0.72	545 ± 15	457 ± 8	22.5 ^{ab} ±1.1	20.5 ^{ab} ±0.6
D3	2333 ±120	2400 ±115	1987 ±136	1946 ±130	85.0 ±2.19	80.9 ±1.54	547 ± 38	517 ± 33	23.4 ^a ±0.6	21.5 ^{ab} ±0.3
D4	2367 ±145	2300 ±231	1909 ±147	1822 ±169	80.5 ±1.50	79.3 ±0.83	506 ± 44	459 ± 45	21.3 ^{ab} ±0.7	19.9 ^b ±0.2
D5	2500 ±153	2136 ±116	2031 ±149	1693 ±117	81.1 ±1.31	79.2 ±1.25	520 ± 46	438 ± 32	20.7 ^{ab} ±0.6	20.5 ^{ab} ±0.4
D6	2667 ± 67	2233 ±133	2212 ± 73	1851 ±139	82.9 ±0.64	82.7 ±1.30	598 ± 27	487 ± 44	22.4 ^{ab} ±0.5	21.7 ^{ab} ±0.6
	Pierna y muslo				Retazo					
	(g)		(%)		(g)		(%)			
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
D1	516 ± 46	469 ± 67	21.5 ± 0.38	21.8 ± 1.43	955 ± 57	827 ± 32	39.9 ± 0.58	39.1 ± 1.83		
D2	543 ± 48	489 ± 23	22.2 ± 1.16	21.9 ± 0.59	956 ± 44	852 ± 33	39.2 ± 0.88	38.2 ± 0.01		
D3	495 ± 35	537 ± 60	21.2 ± 0.49	22.2 ± 1.49	946 ± 64	892 ± 40	40.5 ± 1.22	37.2 ± 0.52		
D4	498 ± 46	492 ± 43	21.0 ± 0.81	21.5 ± 0.76	906 ± 60	871 ± 85	38.2 ± 0.29	37.9 ± 0.36		
D5	545 ± 42	455 ± 52	21.8 ± 0.37	21.2 ± 1.40	965 ± 65	800 ± 36	38.6 ± 0.88	37.5 ± 0.50		
D6	574 ± 36	491 ± 37	21.5 ± 1.13	22.0 ± 0.58	1040 ± 29	872 ± 59	39.0 ± 0.73	39.0 ± 0.31		

^a Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente (P<0.05)

* Error estándar (EE)

Los pollos con las dietas altas en arginina (D4, D5) consumieron y excretaron menos nitrógeno que las con niveles menores del aminoácido. Mientras que con las dietas altas en treonina presentaron un mayor consumo y excreción de nitrógeno en heces que con las dietas bajas en treonina, por el consumo de alimento (Anexo 6.1).

Cuadro 25. Excreción de nitrógeno de pollos de 8 a 21 días de edad (efectos principales).

Perfil	Sexo	Consumo de nitrógeno	Excreción de nitrógeno	
		(g)	(g)	(%)
D1		25.31 ^a ± 0.63 [#]	7.66 ^a ± 0.23	30.3 ^a ± 0.56
D2		25.26 ^a ± 0.15	6.81 ^a ± 0.42	26.9 ^a ± 1.54
D3		24.91 ^a ± 0.59	7.18 ^a ± 0.33	28.8 ^a ± 1.00
D4		24.83 ^a ± 0.29	7.08 ^a ± 0.27	28.5 ^a ± 1.08
D5		17.97 ^b ± 1.42	4.62 ^b ± 0.30	26.1 ^a ± 2.16
D6		25.52 ^a ± 0.47	7.07 ^a ± 0.20	27.8 ^a ± 1.16
	Machos	23.76 ^x ± 1.11	6.94 ^x ± 0.37	29.1 ^x ± 0.53
	Hembras	24.17 ^x ± 0.60	6.54 ^x ± 0.28	27.1 ^x ± 0.92
Fuentes de variación		-----	Probabilidad	-----
PI		0.0001	0.0001	0.3818
Sexo		0.3386	0.1126	0.0942
PI*Sexo		0.010	0.426	0.844

^{a,b} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente (P<0.01)

^{x,y} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente (P<0.01)

[#] Error estándar (EE)

Se encontró una interacción del sexo con el perfil de aminoácidos en cuanto a consumo de nitrógeno (P<0.01). Al analizar las combinaciones de los dos factores en estudio, se pudo notar (Cuadro 26) que los machos consumiendo D5 tuvieron un menor consumo de nitrógeno en comparación con las hembras del mismo tratamiento.

Cuadro 26. Excreción de nitrógeno de pollos de 8 a 21 días de edad (combinaciones).

Perfil	Consumo de nitrógeno		Excreción de nitrógeno			
	(g)		(g)		(%)	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
D1	26.2 ^a ± 0.56 [#]	24.4 ^a ± 0.74	7.8 ^a ± 0.14	7.5 ^{ab} ± 0.52	29.8 ± 0.10	30.7 ± 1.20
D2	26.4 ^a ± 0.18	25.1 ^a ± 0.14	7.3 ^{ab} ± 0.66	6.3 ^{abc} ± 0.39	28.6 ± 2.39	25.3 ± 1.72
D3	25.5 ^a ± 0.98	24.3 ^a ± 0.69	7.7 ^{ab} ± 0.01	6.7 ^{abc} ± 0.30	30.3 ± 1.22	27.3 ± 0.46
D4	24.7 ^a ± 0.53	25.0 ^a ± 0.42	7.1 ^{abc} ± 0.54	7.0 ^{abc} ± 0.40	28.9 ± 1.55	28.1 ± 2.08
D5	15.7 ^c ± 0.09	20.2 ^b ± 1.46	4.4 ^c ± 0.35	4.9 ^{bc} ± 0.51	27.6 ± 2.06	24.5 ± 4.32
D6	25.1 ^a ± 0.81	26.0 ^a ± 0.53	7.3 ^{ab} ± 0.09	6.8 ^{abc} ± 0.34	29.3 ± 0.58	26.3 ± 1.83

^{a,b} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente (P<0.01)

[#] Error estándar (EE)

En el Cuadro 27 se encuentra el consumo y excreción de nitrógeno de los pollos en el periodo de crecimiento, específicamente durante la cuarta semana de edad de los pollos. Sólo se encontraron diferencias significativas en el consumo de nitrógeno por efecto del perfil de aminoácidos y por efecto del sexo ($P < 0.05$).

No se encontraron diferencias significativas en excreción de nitrógeno por efecto de ninguno de los factores, ni la interacción fue significativa.

Cuadro 27. Excreción de nitrógeno de pollos de 22 a 29 días de edad (efectos principales).

Perfil	Sexo	Consumo de nitrógeno	Excreción de nitrógeno	
		(g)	(g)	(%)
D1		19.22 ^a ± 0.68 [#]	5.65 ± 0.42	29.3 ± 1.25
D2		18.23 ^{ab} ± 0.46	5.09 ± 0.33	27.9 ± 1.17
D3		18.78 ^{ab} ± 0.45	5.89 ± 0.54	31.3 ± 2.31
D4		18.54 ^{ab} ± 0.61	4.54 ± 0.40	24.6 ± 2.41
D5		17.10 ^b ± 0.44	4.33 ± 0.30	25.3 ± 1.87
D6		18.64 ^{ab} ± 0.37	5.04 ± 0.19	27.1 ± 1.26
	Machos	18.88 ^x ± 0.37	5.22 ± 0.33	27.5 ± 1.39
	Hembras	17.95 ^y ± 0.22	4.96 ± 0.16	27.7 ± 0.80
Fuentes de variación		----- Probabilidad -----		
PI		0.0363	0.0752	0.2018
Sexo		0.0123	0.4081	0.8751
PI*Sexo		0.129	0.3390	0.500

^{a,b} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$)

^{x,y} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$)

[#] Error estándar (EE)

Al realizar los contrastes de las medias de los tratamientos se encontró el consumo de nitrógeno fue mayor en pollos que consumieron la dieta tradicional (D1) que en pollos que consumieron las dietas elaboradas con un perfil de aminoácidos digestibles. Además las dietas altas en treonina presentaron un mayor consumo de nitrógeno que las dietas con niveles bajos de este aminoácido, siendo esto un reflejo del consumo de alimento (Anexo 6.2).

Durante la cuarta semana de edad, los pollos que consumieron las dietas altas en arginina (D4, D5) excretaron menos nitrógeno en las heces, tanto en gramos como en %, en comparación con dietas con las mismas características sólo que con niveles menores de arginina (D2, D3) (Cuadro 27 y Anexo 6.2).

Los machos consumieron más ($P<0.05$) nitrógeno que las hembras, debido a que comieron más alimento, aunque la excreción de nitrógeno fue similar, por lo que se deduce que los machos son más eficientes en utilizar el nitrógeno.

La interacción de sexo por perfil de aminoácidos no fue significativa ($P>0.05$) para consumo y excreción de nitrógeno (Cuadro 28).

Cuadro 28. Excreción de nitrógeno de pollos de 22 a 29 días de edad.

Perfil	Consumo de nitrógeno (g)		Excreción de nitrógeno			
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos (%)	Hembras (%)
D1	20.3 ± 0.4 [#]	18.13 ± 0.4	6.34 ± 0.03	4.95 ± 0.29	31.2 ± 0.86	27.3 ± 0.98
D2	19.0 ± 0.1	17.48 ± 0.3	5.66 ± 0.11	4.53 ± 0.13	29.8 ± 0.64	25.9 ± 0.23
D3	19.2 ± 0.9	18.34 ± 0.2	6.00 ± 1.27	5.78 ± 0.37	31.0 ± 5.14	31.5 ± 2.35
D4	19.5 ± 0.2	17.61 ± 0.7	4.36 ± 0.94	4.72 ± 0.16	22.3 ± 4.57	26.9 ± 1.92
D5	16.8 ± 0.5	17.38 ± 0.8	3.99 ± 0.42	4.67 ± 0.38	23.7 ± 1.75	27.0 ± 3.52
D6	18.5 ± 0.9	18.80 ± 0.2	4.96 ± 0.04	5.12 ± 0.44	26.9 ± 1.47	27.3 ± 2.70

^{a,b} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente ($P<0.05$)

[#] Error estándar (EE)

En el Cuadro 29 se muestran los consumos de nitrógeno y la fracción excretada en las heces de los pollos en la última semana de engorda. No se encontraron diferencias ($P>0.05$) en consumo de nitrógeno por efecto de ninguno de los factores en estudio, tampoco la interacción fue significativa.

Cuadro 29. Excreción de nitrógeno de pollos de 42 a 49 días de edad (efectos principales).

Perfil	Sexo	Consumo de nitrógeno (g)	Excreción de nitrógeno	
			(g)	(%)
D1		28.65 ± 1.22 [#]	8.20 ± 0.68	28.6 ^a ± 0.30
D2		30.98 ± 1.60	8.55 ± 0.63	27.7 ^{ab} ± 0.94
D3		31.98 ± 1.30	8.81 ± 0.53	27.5 ^{ab} ± 0.57
D4		29.33 ± 0.95	8.48 ± 0.16	28.9 ^a ± 0.44
D5		28.22 ± 0.84	8.18 ± 0.18	29.0 ^a ± 0.46
D6		31.16 ± 0.80	8.23 ± 0.15	26.4 ^b ± 0.90
	Machos	30.77 ± 0.82	8.69 ^x ± 0.21	28.3 ^x ± 0.37
	Hembras	29.34 ± 0.54	8.13 ^y ± 0.16	27.7 ^y ± 0.47
Fuentes de variación		-----	Probabilidad	-----
PI		0.1687	0.3931	0.0053
Sexo		0.1417	0.0130	0.0053
PI*Sexo		0.4973	0.0135	0.0048

^{a,b} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente ($P<0.01$)

^{x,y} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente ($P<0.01$)

[#] Error estándar (EE)

No así para la excreción de nitrógeno, que expresada en gramos se hallaron diferencias por efecto del sexo ($P<0.05$), siendo mayor en machos que en hembras. Mientras que expresada como % del nitrógeno consumido, se encontraron diferencias significativas por efecto del sexo y perfil de aminoácidos ($P<0.01$).

En este periodo los pollos de las dietas altas en arginina (D4, D5) presentaron un mayor porcentaje de nitrógeno excretado en heces que los pollos que recibieron dietas con menos arginina (D2, D3) (Anexo 6.3).

Los machos excretaron más nitrógeno en heces que las hembras, tanto en gramos ($P<0.05$), como en % ($P<0.01$).

Se encontró una interacción del perfil de aminoácidos en cuanto a la excreción de nitrógeno, en gramos ($P<0.05$) y en porcentaje ($P<0.01$). En el Cuadro 30 se pueden apreciar los promedios de las combinaciones de los tratamientos, los machos de la D3 son los que excretaron más nitrógeno en las heces, sin embargo en porcentaje con respecto al consumo de nitrógeno, se puede ver que los machos de D4, D5 y las hembras de D2 tienen los valores más elevados. Por otra parte las hembras con D6 fueron las que excretaron menos nitrógeno, en ambos casos.

Cuadro 30. Excreción de nitrógeno de pollos de 42 a 49 días de edad.

Perfil	Consumo de nitrógeno (g)		Excreción de nitrógeno (g) (%)			
	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
D1	27.75 ± 2.2 [#]	29.55 ± 1.5	7.83 ^b ± 0.49	8.57 ^{ab} ± 0.43	28.2 ^{ab} ± 0.51	29.0 ^{ab} ± 0.02
D2	31.47 ± 3.8	30.50 ± 0.9	8.24 ^{ab} ± 0.61	8.86 ^{ab} ± 0.20	26.3 ^{ab} ± 1.23	29.1 ^a ± 0.19
D3	34.12 ± 1.0	29.84 ± 0.3	9.70 ^a ± 0.27	7.92 ^{ab} ± 0.03	28.4 ^{ab} ± 0.04	26.5 ^{ab} ± 0.32
D4	30.59 ± 0.5	28.09 ± 1.0	9.03 ^{ab} ± 0.04	7.93 ^{ab} ± 0.13	29.5 ^a ± 0.33	28.3 ^{ab} ± 0.52
D5	29.47 ± 0.5	26.97 ± 0.9	8.64 ^{ab} ± 0.21	7.72 ^b ± 0.52	29.3 ^a ± 0.20	28.6 ^{ab} ± 0.97
D6	31.21 ± 1.0	31.10 ± 1.7	8.69 ^{ab} ± 0.08	7.77 ^b ± 0.26	27.9 ^{ab} ± 0.64	25.0 ^b ± 0.50

^{a,b} Medias con diferente letra por columna son diferentes estadísticamente ($P<0.01$)

[#] Error estándar (EE)

VI. DISCUSIÓN

Durante los primeros 21 días de edad, los pollos alimentados con el perfil propuesto por Leclercq, (1998b) presentaron el menor consumo de alimento ($P<0.01$), y la menor ganancia de peso ($P<0.001$), durante los primeros 21 días de edad. Lo anterior se debió posiblemente a un desequilibrio de aminoácidos, ya que dicho perfil tiene una menor relación treonina: lisina (58%) y una mayor relación arginina: lisina (112%), en comparación con el resto de los perfiles, ya que la relación treonina: lisina es de 67, 66, 71% de acuerdo con Baker y Han, (1994), Degussa, (1996) y Morales, (1999), respectivamente; y la relación arginina: lisina 105% (Baker y Han, 1994; Degussa, 1996), para pollos de 1 a 21 días de edad.

El nivel de treonina digestible que aporta la dieta aplicando el perfil de Leclercq, (1998b) es 0.649% (0.78 total), el cual es bajo en comparación con el nivel de treonina recomendado por el NRC, (1994) de 0.80. Dicha deficiencia causó el bajo comportamiento productivo de los pollos, ya que además de afectar la síntesis de proteína, este aminoácido es requerido para un adecuado funcionamiento del sistema inmunológico, crecimiento de las plumas, para la síntesis de glicina y para una función óptima del aparato gastrointestinal debido a que los aminoácidos mantienen la viabilidad, la masa intestinal y proveen energía para el funcionamiento normal del intestino, así que de 30 a 50% de la treonina es usada por el intestino delgado y ya no atraviesa la pared intestinal (Kidd, 2000). Por lo anterior, se ha encontrado que una deficiencia de treonina puede disminuir la eficiencia de utilización de la lisina (Kidd *et al.*, 1997; Kidd, 2000).

El nivel de arginina digestible que se obtiene con el perfil de Leclercq, (1998b) es de 1.254 (1.410 total), el cual es mayor al requerimiento establecido por el NRC, (1994), de 1.25. Además este nivel es mayor al obtenido por otros autores, ya que Morales *et al.*, (1994) probó diferentes niveles de arginina de 1.2 a 1.4% y treonina de 0.79 a 0.83%, encontraron que el nivel óptimo de arginina para pollos de 1 a 21 días de edad es 1.25%. Esto también es acorde con lo que hizo el Consejo Nacional de Investigaciones de disminuir el nivel de arginina de 1.4 recomendado en 1984 (NRC, 1994) a 1.25% en su edición más reciente (NRC, 1994).

Morales y colaboradores, (1994) no encontraron interacción entre arginina y treonina, debido quizás a que en su estudio los niveles de treonina eran muy estrechos y muy similares al requerimiento establecido por el NRC, (1994).

Austic, (1978) reporta una interacción específica entre treonina, glicina y arginina en pollos. Uno de los efectos de dicho desequilibrio de aminoácidos es la disminución en el consumo de alimento (Austic, 1978; D'Mello, 1988). Biológicamente, cuando los niveles de arginina son elevados existe una mayor actividad de la arginasa renal, se incrementa la producción de ácido úrico, con un incremento en las demandas de glicina, ya que por cada mol de ácido úrico que se sintetiza se requiere un mol de glicina (Klasing, 1998), y además la glicina es un aminoácido no esencial formado a partir de treonina que es un aminoácido esencial (Murray *et al.*, 1997; Kidd, 2000), por lo que parte de la treonina que se aportó en la dieta se destinó a esta función, acentuándose la deficiencia de treonina en los pollos.

Al parecer los perfiles con mayores niveles de arginina fueron menos consumidos por los pollos, lo que resultó en menores ganancias de peso y además la eficiencia alimenticia fue menor, por lo que se deben hacer más investigaciones para corroborar que efectivamente por arriba de una relación lisina: arginina de 100:110 el comportamiento de los pollos disminuye.

La razón de haber probado un nivel bajo de treonina en el período de iniciación fue que Leclercq, (1998b) reportó que la relación lisina: treonina que maximiza la ganancia de peso 100:65, mientras que la que maximiza el índice de conversión es de 100: 54, utilizando un modelo de línea quebrada, con el que además se obtienen valores más altos en la proporción de arginina a lisina y una menor proporción de treonina a lisina, en comparación con los datos obtenidos por investigadores de la Universidad de Illinois (Baker y Chung, 1992; Baker y Han, 1994). Sin embargo posteriormente Leclercq, (1998a) reconoce que el modelo de línea quebrada subestima el requerimiento de treonina, y en una publicación más reciente recomienda junto con otros investigadores una relación lisina: treonina 100:63 (Mack *et al.*, 1999), en la que además se establece que dicho perfil es válido para pollos en la etapa de 20 a 40 días de edad.

Con el perfil de aminoácidos que se calculó se obtuvieron numéricamente mejores ganancias de peso en comparación con los perfiles publicados, aunque los pollos en el primer grupo consumieron más alimento, con lo que la eficiencia y conversión alimenticia fueron similares tanto para el perfil publicado como para el calculado. Por lo que el método propuesto por Rose, (1997), es válido para establecer el perfil de aminoácidos utilizando los parámetros productivos obtenidos previamente bajo las mismas condiciones de producción (Morales, 1999; Reyes, 2001), para el periodo de 1 a 21 días de edad.

Al igual que en el presente experimento, Morales y Ávila, (1999) encontraron un mejor comportamiento de los animales en la primera etapa de producción de 1 a 3 semanas de edad, al utilizar el perfil ideal de aminoácidos digestibles propuesto por Han y Baker, (1994), en comparación con el nivel de aminoácidos totales propuestos por el NRC, (1994). También, Peña y Rodríguez, (1996) encuentran una respuesta favorable en el comportamiento productivo de los pollos de 1 a 21 días de edad.

Durante el periodo de crecimiento, de 22 a 42 días de edad, los machos consumieron más alimento que las hembras, lo que apoya la práctica común de no variar los requerimientos, en porcentaje de la dieta, para machos y hembras. Esto a pesar de que los requerimientos, expresados en gramos por día, son diferentes entre machos y hembras, muchas veces se debe a las diferencias en el consumo de alimento (Waldroup *et al.*, 1990; Han y Baker, 1993), como se pudo corroborar en el presente experimento.

Durante el periodo de 22 a 42 días de edad los perfiles con una relación lisina: arginina alta, es decir, Mack *et al.*, (1999) y Morales, (1999), con 112 y 113%, respectivamente, presentaron un mejor comportamiento productivo en comparación con perfiles con niveles menores de arginina. Debido en parte al mejor desempeño de los pollos en la quinta semana, que fue cuando los pollos se cambiaron de las jaulas de iniciación a las de finalización, estas últimas sin fuente de calor. Existen algunos estudios que indican que la arginina puede disminuir el estrés por frío. Además Wideman y colaboradores, (1995) encontraron que al suplir 1% de L-Arginina a la dieta de pollos expuestos a temperaturas ambientales frías (10 a 15°C), se atenúan los efectos del síndrome de hipertensión pulmonar (ascitis), sin mejorar la tasa de crecimiento o conversión alimenticia, menores niveles de suplementación de 0.25 y 0.50% de L-Arginina suplementaria no fue efectiva.

De 43 a 49 días de edad se pudo observar que existe mucha variación en los datos de consumo y ganancia de peso, por lo que posiblemente no se detectan diferencias significativas entre tratamientos, además es necesario hacer más evaluaciones de los perfiles ideales en esta etapa (Morales, 1999), por lo que será necesario abrir más las relaciones de aminoácidos en este periodo, sobre todo para tratar de mejorar la calidad de la canal y rendimiento de piezas específicas, principalmente la pechuga.

La eficiencia alimenticia se mejora en un 3% al utilizar perfiles de aminoácidos digestibles, y el concepto de proteína ideal. Lo cual concuerda con lo establecido por diferentes autores (Han y Baker, 1994; Degussa, 1996; Morales, 1998) y que de hecho

es una de las razones de ser del uso de los valores de digestibilidad de aminoácidos, ya que el aporte de estos es más cercano al que realmente requieren los pollos (Parson, 1992), y de usar un perfil ideal de aminoácidos, lo que permite una mayor eficiencia de uso de la proteína al evitarse excesos o deficiencias de aminoácidos.

Sin embargo los resultados son contrarios a los obtenidos por Farrel *et al.*, (1999) quienes encontraron que la eficiencia alimenticia era menor con dietas formuladas utilizando aminoácidos digestibles en comparación con el uso de aminoácidos totales, lo cual se atribuya a que se disminuyeron los requerimientos de aminoácidos en 10% para tenerlos con base en digestibles, sin embargo, es un método poco preciso, ya que la digestibilidad de cada aminoácido es muy diferente (Parson, 1991). Por lo que se necesitan otros estudios para establecer con más precisión los requerimientos de aminoácidos digestibles (Morales, 1999) y de las proporciones de estos con relación a lisina, para cada etapa; con lo que se espera obtener mejores resultados al aplicar estos conceptos en las dietas para pollos de engorda formulación de raciones.

Además Dari y Penz, (1996), encontraron al igual que Morales, (1999) que el efecto de usar aminoácidos digestibles era mayor con dietas que incluyen ingredientes no convencionales, los cuales a menudo presentan baja digestibilidad de aminoácidos por lo que se requieren más estudios al respecto, sobre todo por la factibilidad económica de esto, ya que dichos ingredientes constituyen fuentes de proteína más económica.

En general con el perfil de aminoácidos calculado, con la metodología de Rose, (1997) se obtiene el mismo comportamiento productivo que con los perfiles de Illonios (Baker y Chung, 1992; Baker y Han, 1993) y de Degussa, (1996) por lo que este método constituye una opción para establecer un perfil de aminoácidos aunque se deben establecer los requerimientos con líneas genéticas más recientes para que hacer más preciso el perfil. Además aunque se reporta que el requerimiento para el crecimiento de la pluma puede ser despreciable (Leclercq, 1998b), se debe evaluar esta fracción por el crecimiento tan dinámico de la pluma sobretodo cuando el pollo es más grande, para ver que tanto afecta el perfil óptimo de aminoácidos.

La calidad y el rendimiento de la canal no fueron afectados por los diferentes perfiles de aminoácidos, la parte más importante, por su alto valor económico, es la pechuga, sin embargo sólo se encontró que la arginina afectó negativamente el rendimiento de la canal. Por otra parte, debido a que la calidad de la canal es un parámetro en el que se esperan pequeñas diferencias, y son muchos los factores que

lo afectan (Moran y Bilgili, 1990; Halpin, 1992), se deben incrementar el número de repeticiones para detectar una diferencia significativa, al respecto Schutte y Pack, (1995) proponen que se deben tener 9 repeticiones, con 10% de variación, para poder detectar una diferencia significativa de 15.

Aunque se encontró una mejoría en cuanto al rendimiento de pechuga con una menor relación de arginina: lisina, se ha establecido que el aminoácido que más incide sobre este parámetro es el nivel de lisina (Moran y Bilgili, 1990; Halpin, 1992; Reyes, 2001). En general, la mayoría de los estudios apuntan a que, además de que los requerimientos de aminoácidos para eficiencia alimenticia son mayores que para el aumento de peso, los requerimientos para un máximo rendimiento en canal y de pechuga, están por encima del nivel que se considera adecuado para la eficiencia alimenticia, de lo cual se han encontrado evidencias para lisina y treonina (Abebe y Morris, 1990a; Moran y Bilgili, 1990; Kidd *et al.*, 1997; Reyes, 2001). Lo cual explica el que no se hallan afectados significativamente estos parámetros en el presente estudio, ya que el nivel de lisina que se utilizó en la etapa de iniciación fue similar al reportado por el NRC, (1984) y ligeramente mayor al NRC, (1994) y para el resto de las etapas similar a NRC, (1994) por lo que se deben realizar más estudios empleando mayores niveles de aminoácidos, evaluando la factibilidad económica de incluir aminoácidos sintéticos.

En cuanto a la excreción de nitrógeno en las heces los datos no fueron consistentes, aunque existe una tendencia numérica a favor de las dietas elaboradas bajo el concepto de proteína ideal a excretar menos nitrógeno en un 3%. Por lo que se requieren más estudios para evaluar este parámetro. Sin embargo el perfil de aminoácidos no disminuye la excreción de nitrógeno por sí sólo, por lo que en el futuro deben evaluarse los perfiles ideales de aminoácidos pero con niveles decrecientes de proteína cruda en la dieta. Ya que, al parecer, el nivel de proteína de la dieta es el que está determinando la excreción de nitrógeno en las heces (Kerr, 1994; Hernández y Jiménez, 1999), ya que al formular con un nivel más bajo de proteína el computador asigna más granos a la dieta y reduce la inclusión de fuentes proteínicas, reduciendo la excreción de excesos de proteína al ambiente. Sin embargo es indispensable establecer un perfil óptimo de aminoácidos para que la productividad de los animales no disminuya.

VII. CONCLUSIONES

Con base en los resultados y bajo las condiciones en que se llevo a cabo el experimento se puede concluir:

- La eficiencia alimenticia se mejoró al utilizar dietas formuladas con aminoácidos digestibles bajo el concepto de proteína ideal en comparación con dietas formuladas con aminoácidos totales, según recomendaciones del NRC (1994).
- Con la metodología propuesta por Rose (1997) para calcular el perfil ideal de aminoácidos a partir de los requerimientos de mantenimiento y producción, utilizando los parámetros productivos obtenidos bajo condiciones específicas, se obtiene el mismo comportamiento productivo que al utilizar el perfil ideal propuesto por Baker y Chung, (1992) y Degussa, (1996) de 1 a 21 días y de 1 a 49 días de edad.
- El perfil ideal de aminoácidos afecta el rendimiento de pechuga, ya que el nivel de arginina afectó negativamente este parámetro. El perfil de aminoácidos afectó la excreción de nitrógeno, aunque no se halló una tendencia clara al respecto.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abebe, S. and T. R. Morris. 1990a. Note on the effects of protein concentration on responses to dietary lysine by chicks. *British Poultry Science* 31: 255 – 260.
- Abebe, S. and T. R. Morris. 1990b. Effects of protein concentration on responses to dietary tryptophan by chicks. *British Poultry Science* 31: 267 – 272.
- AOAC. 1984. Official methods of analysis. 14 Th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Alonso. P. F. 2000. La avicultura en México (1975 – 1998). Primera edición. Centro Mexicano de Estudios Sociales Debate – Reflexión – Propuestas, A.C. México.
- Austic, R. E. 1978. Nutritional Interactions of Amino Acids. *Feedstuffs*. July 17.
- Austic, J. L. 1995. Amino Acid Bioavailability. In: *Bioavailability of nutrients for animals: Aminoacids, Minerals and Vitaminas*, by Ammerman C. B., Baker D. H. and Lewis A.J. Academic Press, USA. 35 – 65 p.
- Austic, R. E. y M. C. Nesheim. 1994. Producción avícola. Editorial el manual moderno. México. 395 p.
- Bächtold, G. E. 1995. Manual de avicultura en gráficas. Universidad Autónoma de México-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. 75 gráficas.
- Baker, D. H. 1991. Partitioning of nutrients for growth and other metabolic functions, efficiency and priority considerations. *Poultry Sci.* 70: 1797-1805.
- Baker, D. H. and T. K. Chung. 1992. Ideal protein for swine and poultry. *Fermex Technical Review-4*, Fermex, Mexico City.
- Baker, D. H. and Y. Han. 1994. Ideal amino acid profile for chicks during the first three week posthatching. *Poult. Sci.* 73: 1141 –1147.
- Brake, J., D. Balnave and J. J. Dibner. 1998. Optimum dietary arginine: lysine ratio for broiler chickens is altered during heat stress in association with changes in intestinal uptake and dietary sodium chloride. *British Poultry Science* 39: 639 – 647.
- Bender, D. A. 1985. Amino acid metabolism. Second edition. John Wiley & Sons Ltd. Great Britain. 263 p.
- Buttery, P. J. and J. P. F. D'Mello. 1994. Amino acid metabolism in animals: An overview. In: *Animal Nutrition*, by J. F. D'Mello. CAB International. P. 1-10.
- Boorman, K. N. y A. D. Bergess. 1985. Responses to amino acids. In: *Nutrient requirements of poultry and nutritional reseca*, Eds by C. Fisher & K. N. Boorman, Butterworths, London, p. 99 – 123.
- CANACINTRA. 1996. La industria alimenticia en México (1995-1996). Sección de fabricantes de alimentos balanceados para animales. 73 p.

- CANACINTRA. 2000. La industria alimenticia animal en México. Sección de fabricantes de alimentos balanceados para animales.
- Chambers B. and K. Smith. 1998. Nitrogen: some practical solutions for poultry industry. *World's Poultry Science Journal* 54: 353 –357.
- Church D. C. y W. G. Pond. 1998. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Editorial Limusa y Noriega Editores. México. 440 p.
- Cole, D. J. A. and T. A. Van Lunen. 1994. Ideal Amino Acid Patterns. In: *Amino Acids in Farm Animal Nutrition* by J. P. F. D'Mello. CAB International. UK. Pp 99 – 112.
- Cuca, G. M., E. Ávila y A. Pro M. 1996. Alimentación de las aves. Universidad Autónoma Chapingo. México. 154 p.
- Dari, R. L. and A. M. Jr. Penz. 1996. The use of digestible amino acid and ideal protein concept in diet formulation for broilers. 85th Annual Meeting of Poultry Science Association. P. 85.
- Daura, G. A. 1990. La industria del pollo de carne. Editorial Sintesis, S.A. Barcelona, España. 311 p.
- Degussa, 1996. Proteína ideal en pollos de engorde: Un nuevo concepto para optimizar la nutrición de aminoácidos. *Aves - Feed back Special*. 13 p.
- Degussa, 1997. Aminodat 1.1© -1997. Frankfurt. Germany.
- D'Mello. J. P. F. 1988. Dietary interactions influencing amino acid utilization by poultry. *World's Poultry Science Journal*. 44:92-102.
- D'Mello, J. P. F. and D. Lewis. 1970. Amino acid interactions in chick nutrition. 3. Interdependence in amino acid requirements. *British Poultry Science* 11: 367 – 375.
- Edmonds, M. S., C. M. Parson and D. H. Baker. 1985. Limiting amino acids in low-protein corn-soybean meal diets fed to growing chicks. *Poultry Science* 64: 1519- 1528.
- Farrell, D. J., P. F. Mannion and R. A. Pérez-Maldonado. 1999. A comparison of total digestible amino acids in diets for broilers and layers. *Elsevier - Animal Feed Science and Technology*. 82: 131- 142.
- Firman, J. D. and S.D. Boling. 1998. Ideal Protein in Turkeys. *Poult. Sci.* 77: 105 – 110.
- García, M. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climáticas de Köppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. Talleres OFFset Larios. México, D.F. 277 p.
- González, A. M. 1994. La formulación econométrica: un beneficio para el productor. VI Simposio de avances tecnológicos. NOVUS. Cancún, Q.R. México 23 – 29 pp.
- González, A. M. y J. G. Barrera. 1998. Formulación de perfiles ideales en el diseño de dietas para pollos de engorda. Escuela de Producción de AFIA. AFIAAGRO'98. México. 10 p.

- Gurría, T. F. 1999. Semblanzas del sector avícola mexicano. Los avicultores y su entorno. 2 (9): 20-24.
- Halpin, K. M. 1992. Requerimientos de lisina para un máximo rendimiento de carne de pechuga en pollos de engorda comercial. 4° ciclo de conferencias FERMEX. México. 1 – 12 p.
- Han, Y. and D. H. Baker. 1993. Effects of sex, heat stress, body weight, and genetic strain on the dietary lysine requirement of broiler chicks. *Poult. Sci.* 71: 1168.
- Han, Y. and D. H. Baker. 1994. Digestible lysine requirement of male and female broiler chicks during the period three to six weeks posthatching. *Poultry Science* 73: 1739 – 1745.
- Hernández, B. C. M. y C. Jiménez L. 1999. La productividad de gallinas de postura con dietas formuladas bajo el concepto de proteína ideal y niveles bajos de proteína. Tesis de licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Hernández, V. X., E. Bächtold, V. Garza. 1998. Sistemas de producción animal 1. Aves. Vol. 1. Universidad Autónoma de México. México. p.105.
- Holsheimer, J. P., P. F. G. Vereijken and J. B. Schutte. 1994. Response of broiler to threonine-supplemented diets to 4 weeks of age. *British Poultry Science* 35: 551–562.
- Kerr, B. J. 1993. A critical research review of low-protein, aminoacid-supplemented diets for broiler. 5th Annual Fermex Amino Acid Council Meeting. Sept. 24, Mexico City.
- Kerr, B. J. 1994. Consideraciones prácticas en la utilización del concepto de la proteína ideal en pollo de engorda. 6° ciclo de conferencias FERMEX. México. 28 – 39 p.
- Kidd, M. T., B. J. Kerr, and B. Anthony. 1997. Dietary Interactions Between Lysine and Threonine in Broilers. *Poultry Science* 76: 608 – 614.
- Kidd, M. T. 2000. Nutritional considerations concerning threonine in broilers. *Word's Poultry Science Journal* 56: 139-151.
- Klasing, K. C. 1998. *Comparative Avian Nutrition*. CAB International. Cambridge, UK. 349 p.
- Kwakkel, R. P. and V. A. M. Schreurs. 2000. Diurnal feeding strategies to optimise amino acid utilisation. *World Poultry – Elsevier* 16 (4): 8-12.
- Lastra, M. I. y M. A. Peralta. 2000. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de pollo en México 2000". Dirección General de Ganadería. SAGAR. 25 p. <http://www.sagar.gob.mx>.
- Leclercq, B., A. M. Chagneau, T. Cochard and J. Khoury. 1994. Comparative responses of genetically lean and fat chickens to lysine, arginine and non-essential amino acid supply. I. Growth and body composition. *British Poultry Science* 35: 687 – 696.

- Leclercq, B. 1998a. Specific Effects of Lysine on broiler Production: Comparison with Threonine and Valine. *Poultry Science* 77: 118 – 123.
- Leclercq, B. 1998b. El concepto de proteína ideal y el uso de aminoácidos sintéticos: estudio comparativo entre pollos y cerdos. XIV Curso de Especialización. Avances en Nutrición y Alimentación Animal.
- Leeson, S. and J. L. Summers. 1991. *Commercial Poultry Nutrition*. University Books. Guelph, Ontario, Canada. 282 p.
- Mack, S., D. Bercovicini, G. De Groote, B. Leclercq, M. Lippens, M. Pack, J. B. Shutte and S. V. Cauwenberghe. 1999. Ideal amino acid profiles and dietary lysine specification for broiler chickens of 20 to 40 days of age. *British Poultry Science* 40: 257 – 265.
- Mariscal, G., E. Ávila, I. Tejada, J. A. Cuarón y C. Vasquez. Contenido de aminoácidos totales y digestibles verdaderos para pollos y cerdos de los principales ingredientes utilizados en Latinoamérica. Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP, México. 2 p.
- Mendes A. A., S. E. Watkins, J. A. England, E.A. Saleh, A. L. Waldroup, and P.W. Waldroup. 1997. Influence of dietary lysine levels and arginine:lysine ratios on performance of broilers exposed to heat or cold stress during the period of three to six weeks of age. *Poultry Science* 76: 472 - 481
- Morales, B. E., E. Avila y N. Wagner. 1991. Comparación de dos fuentes de metionina en dietas para pollos de engorda. *Veterinaria México*. 22: 267 – 271.
- Morales, B. E. 1999. Evaluación de aminoácidos digestibles en ingredientes y el comportamiento productivo de pollos de engorda y gallinas de postura con dietas en base a aminoácidos totales y digestibles, mediante el concepto de proteína ideal. Tesis de doctorado, Universidad de Colima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Colima, Col. México.
- Morales, B. E. y E. Ávila G. 1999. Evaluación de dietas en pollo de engorda con aminoácidos digestibles mediante el concepto de proteína ideal. En prensa en *Avances en Investigación Agropecuaria*.
- Moran, E.T. Jr. And S.F. Belgili. 1990. Processing losses, carcass quality and meat yield of broiler chicken as influenced by dietary lysine. *Poult. Sci.* 69: 702 – 709.
- Morris T. R. and S. Abebe. 1990. Effects of arginine and protein on chicks responses to dietary lysine. *British Poultry Science* 31: 261 – 266.
- Murray, R. K., D. K. Granner, P. A. Mayes, V. W. Rodwell. 1997. *Bioquímica de Harper*. 14a edición. Editorial Manual Moderno. México. 1022 p.
- Musharaf, N. A. and J. D. Latshaw. 1999. Heat increment as affected by protein and amino acid nutrition. *World's Poultry Science Journal*. 55: 233 - 240.

- NRC. 1984. Nutrient Requirements of Poultry. Eighth Revised Ed. National Academy Press. Washington, D.C.
- NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. Ninth Revised Ed. National Academy Press. Washington, D.C. 154 p.
- Pack, M. and J. B. Schutte. 1995. Sulfur amino acid requirement of broiler chicks from 14 to 38 days of age. 2. Economical evaluation. Poultry Science 74: 488 – 493.
- Parson, C. M. 1990. Formulación de dietas practicas en aves utilizando valores de digestibilidad de aminoácidos. 2° ciclo de conferencias FERMEX. México. 38 – 47 p.
- Parson, C. M. 1991. Amino acid digestibilities for poultry: feedstuff evaluation and requirements. Fermex Technical Review-1, Fermex, México City.
- Parson, C. M. 1992. Application of the concept of amino acid availability in practical feed formulation. III Simposio de avances tecnológicos modernos. Ixtapa, México.
- Peña, L. D. y A. M. Rodríguez. 1996. Evaluación del ciclo productivo de pollos de engorda con dietas elaboradas a base de aminoácidos totales y digestibles (mediante el concepto de proteína ideal). Tesis de licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Peñalva, G. G. 1999. Proteína ideal – Aplicación práctica en aves. 11° ciclo de conferencias FERMEX. México. 48 – 58 p.
- Pesti, G. M., B. Leclercq, M. Chagneau, and T. Cochard. 1994. Comparative responses of genetically lean and fat chickens to lysine, arginine and non-essential amino acid supply. II. Plasma amino acids responses. British Poultry Science 35: 697 – 707.
- Pesti, G. M. 2000. Modelos para maximizar la rentabilidad en la producción de Broilers. Avicultura profesional. Elsevier International Business Information. Vol. 18, N° 4. 12,13 p.
- Quintana, J. A. 1999. Avitecnia - Manejo de la aves domésticas más comunes. Tercera edición. Editorial Trillas. México. 385 p.
- Rose, S. P. 1997. Principles of poultry science. CAB International. New York, USA. 135 p.
- Reyes, S. E. 2001. Diferentes niveles de lisina en dietas para pollos de engorda con dso programas de alimentación, su efecto sobre la uniformidad y rendimiento de la canal, con análisis econométrico para estimar los niveles óptimos biológicos y económicos. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Colima. México. 100 p.
- Rostagno, H.S. and M. Pack. 1995. Growth and breast meat responses of different broiler strains to dietary lysine. Proc. 10th European Symposium Poultry Nutrition, October 15-19. Antalya. Turkey, 260-262.
- Ruckebusch, Y., L. P. Phaneuf y R. Dunlop. 1994. Fisiología de pequeñas y grandes especies. Editorial Manual Moderno. México. 862 p.

- Russell, C. R. 2000. Mexico product brief the mexican market for balanced feed and ingredienents 2000. USDA's Foreign Agricultural Service for U.S. exporters of food and agricultural products. 15 p.
- Schang, M. J. Azcona, E. M. Pierson y M. Demaría. 1994. Estimación de necesidades de metionina más cistina digestibles: pollos de 0 – 21 días. VI Simposio de avances tecnológicos. NOVUS. Cancún, Q.R. México. 85- 97 pp.
- Shutte, J. B. and J. D. Van Der Klis. 1994. Reducing nitrogen excretion of the laying hen by feeding lower crude protein diets. *Poultry Science* 73: 1473-1478.
- Schutte, J.B. and M. Pack. 1995a. Effects of dietary sulphur-containing amino acids on performance and breast meat deposition of broiler chicks during the growing and finishing phases. *British Poultry Science* 36: 747 – 762.
- Shutte, J. B. and M. Pack. 1995b. Sulfur amino acid requirement of broiler chicks from 14 to 38 days of age. 1. Performance and carcass yield. *Poultry Science* 74: 480 – 487.
- Scott, R. L. and R. E. Austic. 1978. Influence of dietary potassium on lysine metabolism in the chick. *Journal of Nutrition* 108: 137 – 144.
- Simon, J. 1999. Choiline, betaine and methionine interactions in chickens, pigs and fish (including crustaceans). *World's poultry Science Journal* 55: 353 – 374.
- Steel, R. G. D. y J. Torrie H. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2a edición. Ed. McGraw-Hill, México, D.F. 622 p.
- UNA: 1996. Compendio de indicadores económicos del sector avícola. Unión Nacional de Avicultores. Ed. Agrotecnia, México, D.F. 58 p.
- UNA. 1997. Boletín informativo mensual Unión Nacional de Avicultores no. 3 Abril. México, D.F. 4 p.
- UNA. 1999. Cifras del sector avícola mexicano. Unión Nacional de Avicultores. Los Avicultores y su entorno 2 (10): 19 - 23.
- UNA. 2000. Boletín informativo mensual Unión Nacional de Avicultores no. 27 Abril de 2000. México, D.F. 4 p.
- Waldroup, P. W., R. J. Mitchell, J. R. Payne and K. R. Hazen. 1976. Performance of chicks fed diets formulated to minimize excess levels of essential amino acids. *Poultry Sci.* 55:243.
- Waldroup, P. W., N. M. Tidwell and A. L. Izat. 1990. The effects of energy and amino acid levels on performance and carcass quality of male and female broilers grown separately. *Poultry Science* 69: 69:1513.
- Webel, D. M., S. R. Fernandez, C. M. Parson, and D. H. Baker. 1996. Digestible threonine requirement of broiler chickens during the period three to six and six to eight weeks posthatching. *Poultry Science* 75: 1253 – 1257.

- Wideman, R. F., Y. K. Kirby, M. Ismail, W. G. Bottje, R.W. Moore, and R.C. Vardeman. 1995. Supplemental L-Arginine attenuates pulmonary hypertension syndrome (ascites) in broilers. *Poultry Sci.* 74:323-330.
- Wright, C. 2001. Empresas líderes – 2000 un gran paso hacia atrás. *Industria Avícola*. Enero de 2001. p. 18 – 30.
- Yáñez, C. M. A. 2000. La importancia del Sector Avícola Mexicano y sus Perspectivas. *Tecnología Avípecuaria en Latinoamérica*. Año 13 Núm 152, p. 20 – 26.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza y contrastes de las medias de los tratamientos, para los parámetros productivos de pollos de engorda en iniciación (1 a 21 días de edad)

Anexo1.1. Consumo de alimento

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	535283.2000	107056.6400	86.99	0.0001	**
Sexo	1	2457.6000	2457.6000	2.00	0.1641	NS
PI* Sexo	5	10209.2000	2041.8400	1.66	0.1627	NS
Error	48	59075.6000	1230.7417			
Total	59	607025.6000				
R ² 0.902680 C.V.4.439626 Root MSE 35.08193 Media CONS 790.2000						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	29165.8800	29165.8800	23.70	0.0001	**
Alto vs Bajo Arginina	1	195021.2250	195021.2250	158.46	0.0001	**
Alto vs Bajo Treonina	1	261289.8000	261289.8000	0.0001	0.0001	**
Publicado vs Calculado	1	49392.2450	49392.2450	40.13	0.0001	**
Illinois vs Degussa	1	414.0500	414.0500	0.34	0.5640	NS

Anexo 1.2. Ganancia de peso

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	408601.3333	6406.6667	140.31	0.0001	**
Sexo	1	6406.6667	6406.6667	11.00	0.0017	**
PI* Sexo	5	5300.5333	1060.1067	1.82	0.1267	NS
Error	48	27957.2000	582.4417			
Total	59	448265.7333				
R ² 0.937633 C.V.4.020518 Root MSE 24.13383 Media GP 600.2667						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	11932.2133	11932.2133	20.49	0.0001	**
Alto vs Bajo Arginina	1	151413.0250	151413.0250	259.96	0.0001	**
Alto vs Bajo Treonina	1	210945.8000	210945.8000	362.17	0.0001	**
Publicado vs Calculado	1	33982.2450	33982.2450	58.34	0.0001	**
Illinois vs Degussa	1	328.0500	328.0500	0.56	0.4560	NS

Anexo 1.3. Conversión alimenticia

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	0.07465179	0.01493036	2.93	0.0217	*
Sexo	1	0.01087568	0.01087568	2.14	0.1504	NS
PI* Sexo	5	0.00626175	0.00125235	0.25	0.9398	NS
Error	48	0.24439692	0.00509160			
Total	59	0.33618614				
R ² 0.273031 C.V.5.398212 Root MSE 0.071355 Media CA 1.322080						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	0.00077956	0.00077956	0.15	0.6973	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	0.02482531	0.02482531	4.88	0.0320	*
Alto vs Bajo Treonina	1	0.04617605	0.04617605	9.07	0.0041	**
Publicado vs Calculado	1	0.00284183	0.00284183	0.56	0.4587	NS
Illinois vs Degussa	1	0.00002904	0.00002904	0.01	0.9400	NS

Anexo 1. 4. Eficiencia alimenticia

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	0.01758379	0.00351676	2.88	0.0237	*
Sexo	1	0.00252447	0.00252447	2.07	0.1571	NS
PI* Sexo	5	0.00085150	0.00017030	0.14	0.9822	NS
Error	48	0.05864076	0.00122168			
Total	59	0.07960051				
R ² 0.263312 C.V.4.608605 Root MSE 0.034953 Media EA 0.758420						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	0.00044415	0.00044415	0.36	0.5494	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	0.00580225	0.00580225	4.75	0.0342	*
Alto vs Bajo Treonina	1	0.01076055	0.01076055	8.81	0.0047	**
Publicado vs Calculado	1	0.00056840	0.00056840	0.47	0.4985	NS
Illinois vs Degussa	1	0.00000843	0.00000843	0.01	0.9340	NS

Anexo 2. Análisis de varianza y contrastes de las medias de los tratamientos, para los parámetros productivos de pollos de engorda en crecimiento (22 a 42 días de edad)

Anexo 2.1. Consumo de alimento

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	220014.8000	44002.9600	3.61	0.0074	**
Sexo	1	81992.0667	81992.0667	6.73	0.0125	*
PI* Sexo	5	243410.1333	48682.0267	4.00	0.0041	**
Error	48	584416.4000	12175.3417			
Total	59	1129833.4000				
R ² 0.482741 C.V.4.835105 Root MSE 110.3419 Media CONS 2282.100						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	98283.00000	98283.00000	8.07	0.0066	**
Alto vs Bajo Arginina	1	69889.60000	69889.60000	5.74	0.0205	*
Alto vs Bajo Treonina	1	4061.25000	4061.25000	0.33	0.5663	NS
Publicado vs Calculado	1	24864.50000	24864.50000	2.04	0.1595	NS
Illinois vs Degussa	1	22916.45000	22916.45000	1.88	0.1760	NS

Anexo 2.2. Ganancia de peso

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	89969.73333	17993.94667	3.04	0.0183	*
Sexo	1	61824.60000	61824.60000	10.44	0.0022	**
PI* Sexo	5	26436.00000	5287.20000	0.89	0.4933	NS
Error	48	284158.4000	5919.9667			
Total	59	462388.7333				
R ² 0.385456 C.V.6.326197 Root MSE 76.94132 Media GP 1216.233						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	2431.05333	2431.05333	0.41	0.5247	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	4644.02500	4644.02500	0.78	0.3802	NS
Alto vs Bajo Treonina	1	65094.05000	65094.05000	11.00	0.0017	**
Publicado vs Calculado	1	14774.80500	14774.80500	2.50	0.1207	NS
Illinois vs Degussa	1	3025.80000	3025.80000	0.51	0.4780	NS

Anexo 2.3. Conversión alimenticia

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	0.48145524	0.09629105	6.85	0.0001	**
Sexo	1	0.02716179	0.02716179	1.93	0.1709	NS
PI*Sexo	5	0.03631157	0.00726231	0.52	0.7623	NS
Error	48	0.67457924	0.01405373			
Total	59	1.21950784				
R ² 0.446843 C.V.6.294697 Root MSE 0.118548 Media CA 1.883307						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	0.10290453	0.10290453	7.32	0.0094	**
Alto vs Bajo Arginina	1	0.08902866	0.08902866	6.33	0.0152	*
Alto vs Bajo Treonina	1	0.18259605	0.18259605	12.99	0.0007	**
Publicado vs Calculado	1	0.10468515	0.10468515	7.45	0.0088	**
Illinois vs Degussa	1	0.00224084	0.00224084	0.16	0.6910	NS

Anexo 2.4. Eficiencia alimenticia

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	0.04398857	0.00879771	8.33	0.0001	**
Sexo	1	0.00223929	0.00223929	2.12	0.1520	NS
PI* Sexo	5	0.00388285	0.00077657	0.73	0.6009	NS
Error	48	0.05071800	0.00105663			
Total	59	0.10082871				
R ² 0.496988		C.V.6.086505	Root MSE 0.032506	Media EA	0.534063	

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	0.00892077	0.00892077	8.44	0.0055	**
Alto vs Bajo Arginina	1	0.00933398	0.00933398	8.83	0.0046	**
Alto vs Bajo Treonina	1	0.01678207	0.01678207	15.88	0.0002	**
Publicado vs Calculado	1	0.00876038	0.00876038	8.29	0.0059	**
Illinois vs Degussa	1	0.00019137	0.00019137	0.18	0.6720	NS

Anexo 3. Análisis de varianza y contrastes de las medias de los tratamientos, para los parámetros productivos de pollos de engorda en finalización (43 a 49 días de edad)

Anexo 3.1. Consumo de alimento

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	63942.08333	12788.41667	1.34	0.2639	NS
Sexo	1	9500.41667	9500.41667	1.00	0.3235	NS
PI* Sexo	5	16054.88333	3210.97667	0.34	0.8884	NS
Error	48	458272.80000	9547.35000			
Total	59	547770.18333				
R ² 0.163385 C.V.9.802586 Root MSE 97.71054 Media CONS 996.7833						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	2876.80333	2876.80333	0.30	0.5856	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	39501.22500	39501.22500	4.14	0.0475	*
Alto vs Bajo Treonina	1	1264.05000	1264.05000	0.13	0.7176	NS
Publicado vs Calculado	1	15859.80500	15859.80500	1.66	0.2036	NS
Illinois vs Degussa	1	4440.20000	4440.20000	0.47	0.4980	NS

Anexo 3.2. Ganancia de peso

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	17871.93333	3574.38667	1.36	0.2574	NS
Sexo	1	2136.06667	2136.06667	0.81	0.3725	NS
PI* Sexo	5	13853.13333	2770.62667	1.05	0.3989	NS
Error	48	126495.20000	2635.31667			
Total	59	160356.33333				
R ² 0.211162 C.V.13.69551 Root MSE 51.33534 Media GP 374.8333						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	663.053333	663.053333	0.25	0.6182	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	5664.400000	5664.400000	2.15	0.1491	NS
Alto vs Bajo Treonina	1	20.000000	20.000000	0.01	0.9309	NS
Publicado vs Calculado	1	4455.680000	4455.680000	1.69	0.1997	NS
Illinois vs Degussa	1	7068.800000	7068.800000	2.68	0.1080	NS

Anexo 3.3. Conversión alimenticia

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	0.14882906	0.02976581	0.27	0.9280	NS
Sexo	1	0.00494497	0.00494497	0.04	0.8335	NS
PI* Sexo	5	0.56133582	0.00494497	1.01	0.4201	NS
Error	48	5.31596780	0.11074933			
Total	59	6.03107765				
R ² 0.118571 C.V.12.37004 Root MSE 0.332790 Media CA 2.690292						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	0.00497028	0.00497028	0.04	0.8331	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	0.00281568	0.00281568	0.03	0.8740	NS
Alto vs Bajo Treonina	1	0.02389478	0.02389478	0.22	0.6444	NS
Publicado vs Calculado	1	0.01180570	0.01180570	0.11	0.7455	NS
Illinois vs Degussa	1	0.10534261	0.10534261	0.95	0.3340	NS

Anexo 3.4. Eficiencia alimenticia

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	0.00416383	0.00083277	0.30	0.9105	NS
Sexo	1	0.00006343	0.00006343	0.02	0.8805	NS
PI* Sexo	5	0.01240106	0.00248021	0.89	0.4933	NS
Error	48	0.13329522	0.00277698			
Total	59	0.14992354				
R ² 0.110912 C.V.13.95838 Root MSE 0.052697 Media EA 0.377530						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	0.00000770	0.00000770	0.00	0.9582	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	0.00000156	0.00000156	0.00	0.9812	NS
Alto vs Bajo Treonina	1	0.00009748	0.00009748	0.04	0.8522	NS
Publicado vs Calculado	1	0.00032464	0.00032464	0.12	0.7339	NS
Illinois vs Degussa	1	0.00373244	0.00373244	1.34	0.2521	NS

Anexo 4. Análisis de varianza y contrastes de las medias de los tratamientos, para los parámetros productivos de pollos de engorda (1 a 49 días de edad)

Anexo 4.1. Consumo de alimento

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	1589846.283	317969.257	13.40	0.0001	**
Sexo	1	187824.150	187824.150	7.92	0.0071	**
PI* Sexo	5	278162.550	55632.510	2.34	0.0553	NS
Error	48	1138799.600	23724.992			
Total	59	3194632.583				
R ² 0.643527 C.V.3.785354 Root MSE 154.0292 Media CONS 4069.083						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	185455.6033	185455.6033	7.82	0.0074	**
Alto vs Bajo Arginina	1	818532.1000	818532.1000	34.50	0.0001	**
Alto vs Bajo Treonina	1	290887.2000	290887.2000	12.26	0.0010	**
Publicado vs Calculado	1	255898.5800	255898.5800	10.79	0.0019	**
Illinois vs Degussa	1	39072.8000	39072.8000	1.65	0.2050	NS

Anexo 4.2. Ganancia de peso

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	258260.7775	85131.6255	8.79	0.0001	**
Sexo	1	142330.6215	142330.6215	24.22	0.0001	**
PI* Sexo	5	85131.6255	17026.3251	2.90	0.0230	*
Error	48	282100.2520	5877.0886			
Total	59	767823.2765				
R ² 0.632597 C.V.3.504532 Root MSE 76.66217 Media GP 2187.515						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	2111.5227	2111.5227	0.36	0.5517	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	182871.5290	182871.5290	31.12	0.0001	**
Alto vs Bajo Treonina	1	39756.4445	39756.4445	6.76	0.0123	*
Publicado vs Calculado	1	18903.4568	18903.4568	3.22	0.0792	NS
Illinois vs Degussa	1	14617.8245	14617.8245	2.49	0.1210	NS

Anexo 4.3. Eficiencia alimenticia

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	0.00426003	0.00085201	1.75	0.1416	NS
Sexo	1	0.00120296	0.00085201	2.47	0.1227	NS
PI* Sexo	5	0.00051819	0.00010364	0.21	0.9555	NS
Error	48	0.02338804	0.00048725			
Total	59	0.02936922				
R ² 0.203655 C.V.4.101262 Root MSE 0.022074 Media EA 0.538219						

Contrastes entre las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	0.00212764	0.00212764	4.37	0.0420	*
Alto vs Bajo Arginina	1	0.00032860	0.00032860	0.67	0.4156	NS
Alto vs Bajo Treonina	1	0.00058404	0.00058404	1.20	0.2791	NS
Publicado vs Calculado	1	0.00121186	0.00121186	2.49	0.1213	NS
Illinois vs Degussa	1	0.00000789	0.00000789	0.02	0.8990	NS

Anexo 4.4. Peso final a los 49 días

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	258569.2220	51713.8444	8.79	0.0001	**
Sexo	1	143023.0727	143023.0727	24.32	0.0001	**
PI* Sexo	5	85090.3373	17018.0675	2.89	0.0231	*
Error	48	282255.4320	5880.3215			
Total	59	768938.0640				
R ² 0.632928	C.V. 3.441582	Root MSE 76.68325	Media PF 2228.140			

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	2135.4672	2135.4672	0.36	0.5496	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	183250.3690	183250.3690	31.16	0.0001	**
Alto vs Bajo Treonina	1	39702.9605	39702.9605	6.75	0.0124	*
Publicado vs Calculado	1	18981.3128	18981.3128	3.23	0.0787	NS
Illinois vs Degussa	1	14499.1125	14499.1125	2.47	0.1220	NS

Anexo 5. Análisis de varianza, para los parámetros de calidad de la canal

Anexo 5.1. Peso al sacrificio

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	112222.2222	22444.4444	0.38	0.8594	NS
Sexo	1	401111.1111	401111.1111	6.74	0.0158	*
PI* Sexo	5	262222.2222	52444.4444	0.88	0.5086	NS
Error	24	1428333.3333	59513.8889			
Total	35	2203888.8889				
R ² 0.351903 C.V.10.40565 Root MSE 243.9547 Media PF 2344.444						

Anexo 5.2. Peso en canal

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	142781.2222	28556.2444	0.60	0.7029	NS
Sexo	1	434720.4444	434720.4444	9.08	0.0060	**
PI* Sexo	5	127077.8889	25415.5778	0.53	0.7507	NS
Error	24	1148860.0000	47869.1667			
Total	35	1853439.5556				
R ² 0.380147 C.V.11.40192 Root MSE 218.7902 Media CAN 1918.889						

Anexo 5.3. Rendimiento en canal en % del peso vivo (Transformación arco seno)

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	30.66670586	6.13334117	2.29	0.0777	NS
Sexo	1	20.29431100	20.29431100	7.58	0.0111	*
PI* Sexo	5	9.94115416	1.98823083	0.74	0.5990	NS
Error	24	64.27710720	2.67821280			
Total	35	125.17927821				
R ² 0.486520 C.V.2.526695 Root MSE 1.636525 Media ARCO 64.76937						

Anexo 5.4. Peso de la pechuga

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	23054.47222	4610.89444	1.23	0.3256	NS
Sexo	1	46010.25000	46010.25000	12.28	0.0018	**
PI* Sexo	5	6319.58333	1263.91667	0.34	0.8852	NS
Error	24	89930.66667	3747.11111			
Total	35	165314.97222				
R ² 0.456004 C.V.12.16904 Root MSE 61.21365 Media PECH 503.0278						

Anexo 5.5. Rendimiento de pechuga en % del peso de la canal (Transformación arco seno)

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	8.02035105	1.60407021	2.93	0.0333	*
Sexo	1	5.62729542	5.62729542	10.28	0.0038	**
PI* Sexo	5	1.81067415	0.36213483	0.66	0.6559	NS
Error	24	13.13417054	0.54725711			
Total	35	28.59249116				
R ² 0.540643 C.V. 2.684571 Root MSE 0.739768 Media ARCOPE 27.55630						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	0.09212613	0.09212613	0.17	0.6852	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	5.15773593	5.15773593	9.42	0.0053	**
Alto vs Bajo Treonina	1	0.00011826	0.00011826	0.00	0.9884	NS
Publicado vs Calculado	1	1.42702820	1.42702820	2.61	0.1194	NS
Illinois vs Degussa	1	1.34334253	1.34334253	2.45	0.1300	NS

Anexo 5.6. Peso del piernil

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	7052.47222	1410.49444	0.22	0.9496	NS
Sexo	1	14200.69444	14200.69444	2.23	0.1482	NS
PI* Sexo	5	18864.47222	3772.89444	0.59	0.7055	NS
Error	24	152723.33333	6363.47222			
Total	35	192840.97222				
R ² 0.208035 C.V.15.67303 Root MSE 79.77137 Media PIER 508.9722						

Anexo 5.7. Rendimiento de piernil en % de la canal (ransformación arco seno)

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	1.12504436	0.22500887	0.16	0.9734	NS
Sexo	1	0.23751538	0.23751538	0.17	0.6812	NS
PI* Sexo	5	1.30568602	0.26113720	0.19	0.9635	NS
Error	24	32.96861067	1.37369211			
Total	35	35.63685643				
R ² 0.74873 C.V.4.228495 Root MSE 1.172046 Media ARCOPM 27.71781						

Anexo 5.8. Peso del retazo

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	22624.2222	4524.8444	0.54	0.7452	NS
Sexo	1	106058.7778	106058.7778	12.62	0.0016	**
PI* Sexo	5	23514.5556	4702.9111	0.56	0.7298	NS
Error	24	201700.0000	8404.1667			
Total	35	353897.5556				
R ² 0.430061 C.V.10.10865 Root MSE 91.67424 Media RET 906.8889						

Anexo 5.9. Rendimiento del retazo en % de la canal (Transformación arco seno)

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	3.11938889	0.62387778	0.54	0.7452	NS
Sexo	1	3.68571258	3.68571258	12.62	0.0016	**
PI* Sexo	5	3.42072129	0.68414426	0.56	0.7298	NS
Error	24	16.72418188	0.69684091			
Total	35	26.95000465				
R ² 0.379437 C.V.2.170197 Root MSE 0.834770 Media ARCORE 38.46517						

Anexo 6. Análisis de varianza, para los parámetros de excreción de nitrógeno

Anexo 6.1. De 8 a 21 días de edad

a) Consumo de nitrógeno

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	174.0631700	34.8126340	35.39	0.0001	**
Sexo	1	0.9774385	0.9774385	0.99	0.3386	NS
PI* Sexo	5	24.6166688	4.9233338	5.00	0.010	**
Error	12	11.8057025	0.9838085			
Total	23	211.4629797				
R ² 0.944171 C.V. 4.138522 Root MSE 0.991871 Media CN 23.9668						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	8.64462720	8.64462720	8.79	0.0118	*
Alto vs Bajo Arginina	1	54.30805636	54.30805636	55.20	0.0001	**
Alto vs Bajo Treonina	1	94.28116562	94.28116562	95.83	0.0001	**
Publicado vs Calculado	1	16.59113280	16.59113280	16.86	0.0015	**
Illinois vs Degussa	1	0.23818802	0.23818802	0.24	0.6310	NS

b) Excreción de nitrógeno total.

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	23.16482271	4.63296454	14.40	0.0001	**
Sexo	1	0.94287704	0.94287704	2.93	0.1126	NS
PI* Sexo	5	1.71320371	0.34264074	1.06	0.426	NS
Error	12	3.86099350	0.32174946			
Total	23	29.68189696				
R ² 0.869921 C.V. 8.417483 Root MSE 0.567230 Media EN 6.73870						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	4.11403301	4.11403301	12.79	0.0038	**
Alto vs Bajo Arginina	1	5.29000000	5.29000000	16.44	0.0016	**
Alto vs Bajo Treonina	1	12.13766450	12.13766450	37.72	0.0001	**
Publicado vs Calculado	1	1.34784320	1.34784320	4.19	0.0632	NS
Illinois vs Degussa	1	0.27528200	0.27528200	0.86	0.3730	NS

c) Excreción de nitrógeno (% del N consumido), con transformación arco seno.

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	18.60905946	3.72181189	1.16	0.3818	NS
Sexo	1	10.57707541	10.57707541	3.30	0.0942	NS
PI* Sexo	5	6.29611909	1.25922382	0.39	0.844	NS
Error	12	38.41823483	3.20151957			
Total	23	73.90048879				
R ² 0.480136 C.V. 5.597738 Root MSE 1.789279 Media Arc Sen %NE 31.9643						

Anexo 6.2. De 22 a 28 días de edad

a) Consumo de nitrógeno

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	10.47089806	2.09417961	3.46	0.0363	*
Sexo	1	5.24469552	5.24469552	8.66	0.0123	*
PI* Sexo	5	6.50344888	1.30068978	2.15	0.129	NS
Error	12	7.26517648	0.60543137			
Total	23	29.48421895				
R ² 0.753591 C.V. 4.223979 Root MSE 0.778095 Media CN 18.4209						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	3.09588625	3.09588625	5.11	0.0431	*
Alto vs Bajo Arginina	1	1.89826395	1.89826395	3.14	0.1020	NS
Alto vs Bajo Treonina	1	4.12692085	4.12692085	6.82	0.0228	*
Publicado vs Calculado	1	0.74218413	0.74218413	1.23	0.2899	NS
Illinois vs Degussa	1	0.60764288	0.60764288	1.00	0.3360	NS

b) Excreción de nitrógeno

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	7.34051075	1.46810215	2.68	0.0752	NS
Sexo	1	0.40274504	0.40274504	0.73	0.4081	NS
PI* Sexo	5	3.47437896	0.69487579	1.27	0.339	NS
Error	12	6.57730825	0.54810902			
Total	23	17.79494300				
R ² 0.630383 C.V. 14.54292 Root MSE 0.740344 Media EN 6.09075						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	1.48585508	1.48585508	2.71	0.1256	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	4.48857189	4.48857189	8.19	0.0143	*
Alto vs Bajo Treonina	1	0.08652800	0.08652800	0.16	0.6981	NS
Publicado vs Calculado	1	0.01908075	0.01908075	0.03	0.8551	NS
Illinois vs Degussa	1	1.26047503	1.26047503	2.30	0.1550	NS

c) Excreción de nitrógeno (% del N consumido), con transformación arco seno.

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	50.85071743	10.17014349	1.73	0.2018	NS
Sexo	1	0.15143984	0.15143984	0.03	0.8751	NS
PI* Sexo	5	27.01663185	5.40332637	0.92	0.500	NS
Error	12	70.45549823	5.87129152			
Total	23	148.47428735				
R ² 0.525470 C.V. 7.663307 Root MSE 2.423075 Media Arc Sen %NE 31.6191						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	5.95925187	5.95925187	1.01	0.3336	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	35.50563466	35.50563466	6.05	0.0301	*

Anexo 6.3. De 42 a 49 días de edad

a) Consumo de nitrógeno.

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	
PI	5	46.64419715	9.32883943	1.90	0.1687	NS
Sexo	1	12.17178294	12.17178294	2.47	0.1417	NS
PI* Sexo	5	22.77960428	4.55592086	0.93	0.4973	NS
Error	12	59.03357836	4.91946486			
Total	23	140.62916272				
R ² 0.580218 C.V. 7.379753 Root MSE 2.217987 Media CN 30.05503						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	9.47565720	9.47565720	1.93	0.1904	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	29.28541456	29.28541456	5.95	0.0312	*
Alto vs Bajo Treonina	1	2.51373042	2.51373042	0.51	0.4884	NS
Publicado vs Calculado	1	3.38516376	3.38516376	0.69	0.4230	NS
Illinois vs Degussa	1	1.98423121	1.98423121	0.40	0.5370	NS

b) Excreción de nitrógeno

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	1.25438900	0.25087780	1.14	0.3931	NS
Sexo	1	1.87153350	1.87153350	8.48	0.0130	*
PI* Sexo	5	5.14596150	1.02919230	4.66	0.0135	*
Error	12	2.64873800	0.22072817			
Total	23	10.92062200				
R ² 0.757455 C.V. 5.587408 Root MSE 0.469817 Media EN 8.408500						

c) Excreción de nitrógeno (% del N consumido), con transformación arco seno.

Fuente	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
PI	5	8.14113028	1.62822606	5.97	0.0053	**
Sexo	1	0.73126653	0.73126653	2.68	0.0053	**
PI* Sexo	5	8.38181002	1.67636200	6.15	0.0048	**
Error	12	3.27313410	0.27276117			
Total	23	20.52734093				
R ² 0.840548 C.V. 1.634619 Root MSE 0.522265 Media Arc Sen %NE 31.95029						

Contrastes de las medias de los tratamientos

CONTRASTE	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F	Sig.
Total vs Digestibles	1	0.74950276	0.74950276	2.75	0.1233	NS
Alto vs Bajo Arginina	1	2.94013459	2.94013459	10.78	0.0065	**
Alto vs Bajo Treonina	1	0.00333925	0.00333925	0.01	0.9137	NS
Publicado vs Calculado	1	4.41654917	4.41654917	16.19	0.0017	**
Illinois vs Degussa	1	0.03160452	0.03160452	0.12	0.7390	NS

Anexo 7. Calculo del perfil ideal de aminoácidos, utilizando la metodología propuesta por Rose, (1998)

Considere el caso de pollos de engorda de 1 a 21 días de edad de la estirpe Ross, criados en las instalaciones del CEVAMEX- Inifap, Chapingo, México, con los siguientes parámetros productivos, obtenidos por Morales, (1999):

Consumo de alimento: 813 g.

Peso: 597 g.

Ganancia de peso: 555 g.

Por otra parte se deben tomar en cuenta los requerimientos de aminoácidos para mantenimiento y producción, por ejemplo los obtenidos por Boorman y Bergess, (1985):

Requerimiento de lisina

Mantenimiento (mg / kg peso / día): 85.00

Ganancia de peso (mg / g de ganancia): 14.86

Requerimiento de metionina + cistina

Mantenimiento (mg / kg peso / día): 60.00

Ganancia de peso (mg / g de ganancia) 11.59

Luego se aplica la formula:

Requerimiento total = Requerimiento para mantenimiento + producción

Requerimiento de lisina = $(85)(21)(0.597) + (14.86)(555) = 9312.95 \text{ mg}$

Requerimiento de metionina + cistina = $(60)(21)(0.597) + (11.59)(555) = 7184.67 \text{ mg}$

Luego se obtienen la relación con una regla de tres:

Requerimiento de lisina 9312.95 ----- 100%

Requerimiento de metionina + cistina 7184.67 ----- X

X= 77.14%, con lo que la relación que se tendría de metionina + cistina: lisina es 77:100

Finalmente para determinar la concentración de lisina en la dieta se relaciona el requerimiento total de lisina con el consumo de alimento:

% de lisina en la dieta = $(\text{Requerimiento de lisina} / \text{Consumo de alimento}) * 100$

% de lisina en la dieta = $9312.95 \text{ mg} / 813 \text{ g} * 100 = (9.31295/813)*100 = 1.145$

De tal manera que el requerimiento de lisina es de 1.145%

De la misma forma se establecen las relaciones de lisina con el resto de los aminoácidos y para obtener el requerimiento de cada aminoácido se utiliza como referencia el de lisina.

Una fracción que no se consideró en este calculo es el requerimiento de aminoácidos para el crecimiento de la pluma, el cual es insignificante (Leclercq, 1998b), sin embargo para edades mayores sería bueno considerar esta fracción.

Anexo 8. Analisis quimico proximal de los ingredientes que se usaron para elaborar las dietas del experimento

BASE HUMEDA								
	Materia seca	Humedad	Proteína	Cenizas	M. Orgánica	E. Etéreo	Fibra Cruda	ELN
Pasta Soya	90.16	9.84	46.47	5.92	84.24	2.08	3.94	31.75
Pasta Soya	90.11	9.89	46.07	5.70	84.41	2.25	4.25	31.84
Pasta Soya	89.97	10.03	44.82	5.86	84.11	2.05	4.22	33.02
Sorgo	88.08	11.92	9.19	1.27	86.81	2.91	2.18	72.53
Sorgo	88.09	11.91	8.99	1.19	86.90	2.83	2.16	72.91
Sorgo	88.08	11.92	8.98	1.12	86.96	2.98	1.96	73.04
Glutén	91.89	8.11	68.18	2.23	89.65	2.06	0.98	18.44
Glutén	91.61	8.39	66.24	1.81	89.80	2.12	0.97	20.47
Glutén	91.63	8.37	68.22	2.10	89.53	1.72	0.97	18.61
Carne y Hueso	92.15	7.85	39.19	37.87	54.28	9.84	1.05	4.20
Carne y Hueso	92.08	7.92	37.19	38.31	53.77	9.98	1.40	5.20
Carne y Hueso	92.25	7.75	36.80	37.12	55.13	9.81	1.22	7.29

BASE SECA								
	Materia seca	Humedad	Proteína	Cenizas	M. Orgánica	E. Etéreo	Fibra Cruda	ELN
Pasta Soya	100.00	0.00	51.54	6.56	93.44	2.31	4.37	35.22
Pasta Soya	100.00	0.00	51.13	6.33	93.67	2.50	4.71	35.33
Pasta Soya	100.00	0.00	49.81	6.51	93.49	2.28	4.69	36.70
Sorgo	100.00	0.00	10.44	1.44	98.56	3.30	2.48	82.35
Sorgo	100.00	0.00	10.21	1.35	98.65	3.21	2.46	82.77
Sorgo	100.00	0.00	10.20	1.27	98.73	3.38	2.22	82.93
Glutén	100.00	0.00	74.20	2.43	97.57	2.24	1.07	20.06
Glutén	100.00	0.00	72.31	1.98	98.02	2.31	1.06	22.34
Glutén	100.00	0.00	74.46	2.29	97.71	1.88	1.06	20.31
Carne y Hueso	100.00	0.00	42.53	41.10	58.90	10.68	1.14	4.55
Carne y Hueso	100.00	0.00	40.39	41.61	58.39	10.84	1.52	5.64
Carne y Hueso	100.00	0.00	39.90	40.24	59.76	10.63	1.32	7.91

Fecha:
20 de abril de 2001

Analista:
Sra. Laura Chávez Valencia

Jefe de Sección:

Dr. Eliseo Sosa Montes

Anexo 9. Programa de SAS para probar los contrastes ortogonales

```

DATA INI;
INPUT GP CONS CA PI SEX$ REP COMBPIS$;
EA=1/CA;
CARDS;
676 884 1.3077 1 M 1 1-M
683 871 1.2753 1 M 2 1-M
655 868 1.3252 1 M 3 1-M
.
662 870 1.3142 6 H 4 6-H
619 816 1.3183 6 H 5 6-H
PROC PRINT;
PROC GLM;
CLASSES PI SEX;
MODEL GP CONS CA EA= PI SEX PI*SEX;
LSMEANS PI SEX COMBPIS/PDIFF STDERR;
MEANS PI SEX PI*SEX/TUKEY;
PROC SORT;BY PI;
PROC MEANS MEAN STDERR;BY PI;
PROC SORT;BY SEX;
PROC MEANS MEAN STDERR;BY SEX;
PROC SORT; BY PI SEX;
PROC MEANS MEAN STDERR;BY PI SEX;
PROC ANOVA;
CLASSES COMBPIS;
MODEL GP CONS CA EA= COMBPIS;
MEANS COMBPIS/ TUKEY Alpha=0.01;
MEANS COMBPIS/ TUKEY Alpha=0.05;
PROC GLM ORDER=DATA;
CLASSES PI SEX;
MODEL GP CONS CA EA= PI SEX PI*SEX;
CONTRAST 'TOTAL VS DIGESTIBLES' PI -5 1 1 1 1 1;
CONTRAST 'ALTOS ARG VS BAJOS ARG' PI 0 1 1 -1 -1 0;
CONTRAST 'ALTOS TREO VS BAJOS TREO' PI 0 0 0 -1 1 0;
CONTRAST 'PUBLICADO VS CALCULADO' PI 0 -1 -1 -1 -1 4;
CONTRAST 'ILLINOIS VS DEGUSSA' PI 0 -1 1 0 0 0;
RUN;

```