



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES DE LA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE LISINA EN POLLITAS
LEGHORN HY-LINE W-36 EN LAS ETAPAS DE INICIACION
Y CRECIMIENTO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A

AARON ERNESTO LOPEZ AGUILAR

ASESORES:

M.C. BENJAMIN FUENTE MARTINEZ

M.Sc. ERNESTO AVILA GONZALEZ



MEXICO, D. F.

2005

m. 347286



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTO

Es momento de poner en alto el reconocimiento de mí para ustedes,
quienes han estado cada segundo de mi vida

Con ello me refiero en primer lugar a toda mi familia y digo toda, los
que están y los que no están, los de sangre y los de cariño

No podría anotar a todos, ni por espacio, ni por orden de importancia,
solo quiero que sepan que todos están conmigo

Agradezco a cada personaje que se cruzó en mi vida o viceversa y
que de cualquier forma contribuyó a formarme en todos los aspectos

Amigos, Profesores, Compañeros, Anónimos,
todos desinteresados

Valoro la Institución que nos permite crecer en todo tipo de
cuestiones, es decir, mi querida UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO, mi envidiable FACULTAD de MEDICINA
VETERINARIA y ZOOTECNIA, mi extrañable CEIEPAV y a quienes
hacen posible que ésta sea reconocida mundialmente

Esta es una DEDICATORIA a todos ustedes

Recordando que este es uno más de tantos escalones

“Escoge una carrera que ames
y jamás en tu vida
tendrás que trabajar”

Confucio

CONTENIDO

	<u>Páginas</u>
LISTA DE CUADROS, FIGURAS y GRAFICAS	V
RESUMEN	1
1.0 INTRODUCCION	2
1.1.1 Situación actual de la Avicultura en México	2
1.1.2 Perspectivas de producción	4
1.1.3 Situación actual de la industria de alimentos balanceados en México	5
1.2.0 Marco conceptual	6
1.3.0 Proteína	8
1.3.1 Metabolismo de proteínas	10
1.3.2 Déficit de proteína	11
1.4.0 Aminoácidos	12
1.4.1 Factores que afectan la digestibilidad de los aminoácidos	14
1.5.0 Proteína ideal	18
1.5.1 Lisina como aminoácido de referencia	21
1.5.2 Formulación con el perfil de aminoácidos digestibles	22
1.6.0 Características generales de la lisina	23
1.7.0 Aminoácidos sintéticos	24
1.7.1 Ventajas del uso de aminoácidos sintéticos	27
1.7.2 L-Lisina HCL	28
1.7.3 Antagonismo de L-lisina con L-arginina	30

1.7.4	Interacciones treonina-lisina	31
1.8.0	Alimentación de pollitas en etapas de iniciación y crecimiento	32
1.9.0	Reducción de nitrógeno y consecuencias	33
2.0	JUSTIFICACION	37
3.0	HIPOTESIS	38
4.0	OBJETIVO GENERAL	39
5.0	MATERIAL Y METODOS	40
6.0	ANALISIS ESTADISTICO	44
7.0	RESULTADOS Y DISCUSION	45
8.0	CONCLUSIONES	53
9.0	REFERENCIAS	54

LISTA DE CUADROS

		<u>Página</u>
Cuadro 1.	Recomendaciones del Manual de la Estirpe y necesidades de nutrientes del NRC de 1994 durante el periodo de iniciación y crecimiento	7
Cuadro 2.	Clasificación de los aminoácidos	14
Cuadro 3.	Dietas basales empleadas en el experimento para etapas de iniciación y crecimiento	41
Cuadro 4.	Resultados promedios obtenidos durante la etapa de iniciación (0 a 6 semanas de edad) en pollitas Leghorn Hy-Line W-36	45
Cuadro 5.	Resultados promedios obtenidos durante la etapa de crecimiento (6 a 8 semanas de edad) en pollitas Leghorn Hy-Line W-36	49
Cuadro 6.	Pesos semanales en gramos de pollitas Leghorn Hy Line W-36 de 1 a 8 semanas de edad	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.-	Estructura química de la L-lisina	23
Figura 2.	Representación de la utilización del nitrógeno por las aves	35

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1.	Resultados de peso corporal de las pollitas en experimentación durante la etapa de iniciación (0 a 6 semanas)	46
Grafica 2.	Consumo acumulado de lisina digestible hasta la sexta semana de experimentación.	48

RESUMEN

LOPEZ AGUILAR AARON ERNESTO. Efecto de diferentes niveles de lisina en pollitas Leghorn Hy-Line W-36 en las etapas de iniciación y crecimiento (Bajo la dirección de: **M.C. Benjamín Fuente Martínez y M.Sc. Ernesto Ávila González**)

Con objeto de evaluar el comportamiento productivo de pollitas Leghorn Hy-Line W-36 de 0 a 8 semanas de edad, alimentadas con diferentes niveles de lisina, se realizó un experimento. Se utilizaron 288 pollitas de un día de edad Hy-Line W-36 distribuidas en un diseño completamente al azar, en seis tratamientos con cuatro repeticiones de doce aves cada uno. Los tratamientos fueron diferentes niveles de lisina; 1) 0.85, 2) 0.90, 3) 0.95, 4) 1.0, 5) 1.05, y 6) 1.10 %, con 20% de proteína para iniciación (0 a 6 semanas de edad) y 1) 0.60, 2) 0.66, 3) 0.72, 4) 0.78, 5) 0.84, y 6) 0.90 % para crecimiento (6 a 8 semanas de edad) con 18 % de proteína, en dietas para pollitas (sorgo + soya + ajonjolí).

Semanalmente se registraron parámetros productivos de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Los resultados en la etapa de iniciación no fueron diferentes estadísticamente entre sí ($P > 0.05$). Los resultados para crecimiento fueron diferentes entre tratamientos ($P < 0.05$), siendo 0.66% el mejor estadísticamente. De acuerdo a los resultados se concluye que el requerimiento de 0.85 % de lisina que señala el NRC en 1994, es adecuado para la etapa de iniciación en la pollita Hy-Line W-36 y lo sugerido por el manual de la estirpe (1.1%), da mucho margen de seguridad en este aminoácido. Para la etapa de crecimiento, el tratamiento con 0.66 % fue el mejor y representa un 10% más de lo indicado por el NRC en 1994, que es de 0.60% de lisina, pero inferior al 0.90% sugerido para esta edad en el manual de la estirpe.

1.0 INTRODUCCION

1.1.1 Situación actual de la Avicultura en México

En México, la Avicultura sigue siendo el subsector más dinámico en el área pecuaria; sin embargo, se encuentra ante el gran reto de la integración industrial y comercial para competir, no sólo ante los tratados que México ha suscrito con diferentes países y regiones del mundo, sino también en el ámbito de un mercado cada vez más global que exige un producto de mayor calidad a menor precio; punto de suma importancia ya que la Avicultura Mexicana deriva como la principal industria transformadora de proteína vegetal en proteína animal ¹ y gracias a la cual, la población mexicana puede cubrir parte de sus necesidades proteicas, siendo ésto factible debido a que el huevo y la carne de pollo son dos satisfactores de bajo costo para el consumidor.²

En el período de 1994 a 2002, la avicultura participó en el Producto Interno Bruto (PIB) Pecuario a un ritmo de crecimiento anual de 6.8%, equiparable al crecimiento que han observado sectores netamente exportadores. Esta evolución radica en el papel estratégico que juega en la alimentación del mexicano, ya que seis de cada 10 personas (60.41%) incluyen en su dieta productos avícolas (huevo y pollo)¹. En el año 2000, se produjeron 3.8 millones de toneladas de productos avícolas, en el 2001, 4.0 millones³ y en el período 2003, 4.2 millones, con un valor de 46,401 millones de pesos¹. En el periodo

comprendido entre 1994 – 2001 la producción de huevo y pollo observaron tasas de crecimiento anual de 4.6% y 5.9% respectivamente, de tal manera que para el 2001 cada industria alcanzó un volumen de producción de 2.0 millones de toneladas, cifra que les permitió ubicarse, en ese momento, como el cuarto productor de pollo a escala mundial y como el primer consumidor de huevo en el mundo, a la par que Japón con 20.2 Kg por habitante³. En el 2003, el volumen de producción de huevo registrado fue de 1.9 millones de toneladas, mismas que se generan principalmente en los estados de Jalisco, Puebla y Sonora, en donde se concentra el 70% de la producción nacional. En el sector de producción de pollo se produjeron 2,289,891 toneladas en 11 Estados de la República, se destaca la participación de Jalisco y la Región Lagunera. En el año 2003, la participación porcentual de la avicultura en la producción pecuaria fue de 61.4% y la producción de huevo apunta un 28.2%, con un valor en la producción de 16,766 millones de pesos. Estos niveles de producción, ubicaron a México en el 6° productor de huevo a nivel mundial. En términos reales, el precio del huevo se incrementó de diciembre del 2002 a diciembre de 2003 en 46% para el productor y para el consumidor en 23%¹.

Es importante hacer hincapié que la producción de huevo ha crecido sin ninguna planeación y en proporciones desmedidas en los últimos 2 años³, sin embargo, dadas las condiciones económicas de la mayor parte de la población, el consumo se distribuye como sigue; el 75% es consumido por la población urbana y el 25% restante por la rural. El 60% de los productos de origen animal

que consumen los mexicanos son carne de ave y huevo. Por ésto, es importante incrementar el consumo y contemplar las diferentes opciones de la avicultura⁶, ya que la industria avícola genera aproximadamente 1,020,000 empleos, de los cuales 170,000 son de forma directa y 850,000 indirecta. En los últimos cinco años la tasa de crecimiento anual de los empleos generados, se ubica en el orden del 4.4%, lo cual es menor al incremento observado en la producción, debido al avance tecnológico, dada la reconversión de algunas empresas¹.

El huevo por su valor nutrimental, precio accesible, variedad de preparación y fácil obtención, es de la preferencia general de la población, siendo los niños los principales consumidores, por ser uno de los productos alimenticios predilectos.¹

1.1.2 Perspectivas de producción

La industria avícola mexicana cuenta con sistemas de producción equiparables a la de países más desarrollados; se ha caracterizado por cambios tecnológicos, innovación y especialización en los sistemas de producción y sobre todo, en el ámbito nutricional. Por dicha tendencia, seguirá participando activamente tanto en producción, como en alimentación^{1,3} y por ende, en el desarrollo de la economía del país.

La economía mexicana requiere medidas que impulsen su competitividad y ayuden positivamente a fortalecer el crecimiento en el corto, mediano y largo

plazo, ya que en los últimos años, ha venido perdiendo competitividad y descendiendo varios escaños en el renglón de competencia mundial, cediendo el paso a países que han acelerado los cambios y que les permiten avanzar más rápido por el rumbo correcto¹.

Los problemas actuales a los que se enfrenta la avicultura nacional son: ⁴

1. Dependencia del extranjero para proveerse de pie de cría y tecnología.
2. Comercialización deficiente de los productos. Por un exceso de intermediarios que ocasionan su encarecimiento.
3. Falta de créditos para los productores.
4. Problemas sanitarios
5. Tratado de Libre Comercio

1.1.3 Situación actual de la industria de alimentos balanceados en México

El alimento es el rubro que participa con más del 55% en los costos de producción de huevo y carne. Es importante destacar que en promedio, los índices de conversión de insumos a producto tanto de huevo y pollo en el ámbito nacional, están en el orden de 2.0 kilos de alimento por kilogramo producido. En los últimos 10 años, el consumo de insumos agrícolas creció a un ritmo anual de 3.7%, en la actualidad se consumen 12.1 millones de toneladas de alimento balanceado, de los cuales, 7.7 millones de toneladas, son de granos forrajeros,

2.4 millones de pasta de oleaginosas y 2.0 millones de toneladas son de otros ingredientes¹.

1.2.0 Marco conceptual

Debido a los avances en genética, fisiología, nutrición y patología; el potencial de la producción avícola es provechoso; sin embargo, mientras más alta es la capacidad de crecimiento y producción del animal, se convierte en más dependiente de la calidad de los alimentos que adquiere. En otras palabras, no existe la posibilidad de desarrollar todo el potencial genético, si las aves no reciben los nutrientes necesarios tanto en cantidad como en calidad⁵. Lo que conlleva a que éstas sean, de igual forma, totalmente dependiente del hombre⁴. Por tal motivo es necesario o imprescindible de todo avicultor, en este caso, el criador de pollita de reemplazo, estar consciente, que la calidad y cantidad de alimento que utilice, cubra las necesidades nutricionales del ave de acuerdo a su estado fisiológico y al mismo tiempo optimice recursos.²

En un principio, las dietas para aves, se formulaban con base en el contenido de proteína cruda de los ingredientes⁶, después con la producción a nivel comercial de algunos aminoácidos esenciales en forma cristalina, los nutriólogos comenzaron a formular para cubrir las necesidades específicas de las aves, por aminoácidos esenciales. (Cuadro 1). El NRC en 1994⁹ señala las necesidades y

el manual de la estirpe¹⁰ da recomendaciones que incluyen márgenes de seguridad.

Cuadro.1 Recomendaciones del manual de la estirpe y necesidades de nutrientes del NRC de 1994⁹ durante el periodo de iniciación y crecimiento.

Nutrimentos	Manual de la estirpe Hy Line W-36 (2000–2002) ¹⁰		NRC 1994 ⁹	
	<i>Iniciación</i> <i>0-6 semanas</i> <i>hasta 400 g</i> <i>de peso</i>	<i>Crecimiento</i> <i>6-8 semanas</i> <i>hasta 590 g</i> <i>de peso</i>	<i>Iniciación</i> <i>0-6 semanas</i> <i>hasta 450 g</i> <i>de peso</i>	<i>Crecimiento</i> <i>6-8 sem.</i> <i>hasta 660 g</i> <i>de peso</i>
Proteína, %	20	18	18	16
E.M. Kcal/kg	2915-3025	2970-3080	2850	2850
Acido Linoleico, %	1.00	1.00	1.00	1.00
Aminoácidos				
Arginina, %	1.20	1.10	1.00	0.83
Lisina, %	1.10	0.90	0.85	0.60
Metionina, %	0.48	0.44	0.30	0.25
Metionina + cistina, %	0.80	0.73	0.62	0.52
Triptófano, %	0.20	0.18	0.17	0.14
Treonina, %	0.75	0.70	0.68	0.57

1.3.0 Proteína

Debido a que la proteína es el principal constituyente de los órganos y estructuras blandas del cuerpo, el animal requiere de una provisión abundante y continua de ellas durante toda la vida para crecimiento y reposición⁷. Estas poseen una gran cantidad de funciones en el animal; son constituyentes de todos los tejidos del animal, sangre, músculos, plumas y piel. Representan alrededor de la quinta parte del peso del ave y aproximadamente la séptima parte del peso del huevo⁸.

Las proteínas son un grupo de compuestos afines, con diferencias estructurales y fisiológicas. Contienen carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, además, pueden contener azufre, fósforo e hierro. Son polímeros de aminoácidos que varían en cuanto a cantidad y tipo entre proteínas^{7,8}. Desempeñan papeles cruciales en prácticamente todos los procesos biológicos^{11,12}. Por ejemplo:

1. **Catálisis enzimática:** Por lo general, las reacciones químicas en los sistemas biológicos son catalizadas o aceleradas por macromoléculas específicas denominadas enzimas. Todas las enzimas poseen un enorme poder catalítico, aumentando la velocidad de reacción al menos un millón de veces.
2. **Transporte y almacenamiento:** Muchos iones y moléculas pequeñas son transportadas por proteínas específicas.

3. Movimiento coordinado. Las proteínas son el componente principal del músculo.

4. Soporte mecánico. La formidable fuerza de tensión de la piel y el hueso se deben a la presencia del colágeno, una proteína fibrosa.

5. Protección inmune. Los anticuerpos son proteínas altamente específicas que reconocen y se combinan con sustancias extrañas, tales como virus, bacterias y células de otros organismos. Es así como las proteínas juegan un papel importante al distinguir lo propio de lo ajeno en el organismo.

6. Generación y transmisión de los impulsos nerviosos. La presencia de las células a estímulos específicos depende de la presencia de receptores proteicos.

7. Control del crecimiento y la diferenciación. El control secuencial de la expresión de la información genética, es imprescindible para el crecimiento y la diferenciación de las células.

1.3.1 Metabolismo de proteínas

La calidad biológica de una proteína depende de la cantidad y proporción relativa de los aminoácidos que la componen y de la digestibilidad de éstos, es decir, de la eficiencia con que el animal puede liberarlos y utilizarlos en los procesos de síntesis de sus proteínas orgánicas¹³.

Después de que los aminoácidos quedan libres en el intestino delgado (digestión), se lleva a cabo la absorción por medio de transporte activo, el cual lleva a los aminoácidos en contra del gradiente de concentración¹⁴.

Los aminoácidos absorbidos en el intestino se usan de manera primaria para la síntesis de proteína. El nitrógeno del exceso de aminoácidos esenciales, puede ser removido y usado para sintetizar aminoácidos no esenciales o usarse para producir ácido úrico. Si la mezcla de aminoácidos absorbidos es deficiente en un aminoácido esencial, también la síntesis proteica será deficiente¹⁵.

Los aminoácidos sobrantes se degradan y su nitrógeno se excreta como ácido úrico principalmente, en tanto que sus átomos de carbono se degradan por oxidación a CO₂, H₂O, energía o se convierte en glucosa o grasas¹⁵.

Cada aminoácido tiene una ruta específica de degradación, la cual se adapta generalmente a los niveles de aminoácidos en la dieta. La degradación de la

mayoría de los aminoácidos en aves ocurre a nivel del hígado y riñón, pero la leucina, isoleucina y valina son principalmente degradados en músculo¹⁶.

La ruta principal en los procesos de degradación de la lisina en aves es la vía de la Acetoacetyl CoA¹⁷.

1.3.2 Déficit de proteína

Partiendo del conocimiento de la necesidad de la proteína para la formación de nuevos tejidos, así como de una proteína bien equilibrada en sus aminoácidos esenciales; los estudios sobre la alimentación de la pollita de reemplazo, revelan que las dietas bajas en la misma, provocan que el crecimiento se retrase, lo que reduce el peso vivo en la madurez sexual y de ahí, que el comportamiento productivo posterior sea disminuido.¹⁸

Según Lesson y Summers¹⁸, el crecimiento inicial resulta muy afectado por los cambios en el nivel de proteína en la ración y más aún por el de lisina; en tanto que el efecto es menor si estos cambios se introducen al final de la cría. Por esta razón, la práctica habitual es la de establecer los requerimientos proteicos y de aminoácidos, con base en la reducción gradual, a medida que transcurre la crianza, es decir, que las necesidades proteicas sean más elevadas al comienzo de la crianza, reduciéndose gradualmente a medida que avanza la misma¹⁸.

La deficiencia de proteína o de algún aminoácido en las aves, tiene diversos efectos sobre estas; si la deficiencia es marginal, se presenta reducción del crecimiento en las aves y la conversión alimenticia se eleva, y cuando esta deficiencia es más severa, las aves dejan de comer y por ende la producción disminuye hasta llegar a ser nula, existe pérdida de peso hasta en un 6 – 7% diario, se induce la pelecha o muda y finalmente el ave muere¹⁹.

Una deficiencia de lisina causa falta de pigmentación en el plumaje de color y una reducción de tiroxinasa en la pulpa de la pluma, lo cual causa un emplume anormal que tiene como característica plumas curvadas, erizadas y de pobre crecimiento, es decir, los requerimientos que necesita el ave para la formación de pigmentos, así como para el crecimiento, son muy específicos.²⁰

1.4.0 Aminoácidos

Estos son las unidades estructurales básicas de las proteínas; están constituidos por un grupo amino, un grupo carboxílico, un átomo de hidrógeno y un grupo distintivo "R"⁷.

Los aminoácidos (a.a.) se unen para formar las proteínas a través del grupo amino de un aminoácido y del grupo carboxilo del otro; a este tipo de unión se le llama unión peptídica o enlace peptídico. Los a.a. unidos se conocen como péptidos. La adición de varios cientos de aminoácidos por este enlace peptídico

covalente forman un polipéptido de cadena larga, al que se le llama estructura primaria de la proteína. Los polipéptidos se ordenan posteriormente en estructura secundaria, terciaria y cuaternaria; esta última son las proteínas propiamente formadas⁷.

Los 22 aminoácidos más comúnmente encontrados en los alimentos para aves se clasifican en tres grupos: esenciales o indispensables, semiesenciales y no esenciales o dispensables^{16,21}, según se muestra en el Cuadro 2.

Todos los aminoácidos indicados son esenciales a nivel metabólico: sin embargo, los llamados no esenciales pueden ser sintetizados por las células, por lo que no necesitan estar presentes en el alimento, mientras que los llamados esenciales no se sintetizan, así que deben estar presentes en el alimento²².

Para una alimentación completa, siempre se necesitan además de los aminoácidos esenciales, una cierta cantidad de nitrógeno proveniente de aminoácidos no esenciales. En ese caso da lo mismo cual de los a.a. no esenciales proporcione el nitrógeno, con tal de que exista suficiente cantidad de carbohidratos para crear bastante energía y metabolizar los a.a. Si la cantidad de aminoácidos no esenciales es insuficiente, entonces los aminoácidos esenciales también son utilizados por el organismo como fuente no específica de nitrógeno²³.

Cuadro 2. Clasificación de los aminoácidos

Esenciales o indispensables (no sintetizados)	Semiesenciales ^a (sintetizados de sustratos limitados)	No esenciales o dispensables (rápidamente sintetizados de sustratos simples)
Arginina Lisina Histidina Leucina Isoleucina Valina Metionina Treonina Triptófano Fenilalanina	Tirosina Cistina Hidroxilisina	Alanina Ácido Aspártico Asparagina Ácido Glutámico Glutamina Hidroxiprolina Glicina ^b Serina ^b Prolina ^c

^a La tirosina se sintetiza a partir de fenilalanina, cistina de metionina e hidroxilisina de lisina.

^b En ciertas condiciones, la síntesis de glicina o serina puede ser suficiente para un rápido crecimiento.

^c Cuando se utilizan dietas de aminoácidos cristalinos, la prolina puede ser necesaria para un máximo crecimiento.

1.4.1 Factores que afectan la digestibilidad de los aminoácidos

Los nutriólogos utilizaban el método de formulación con base en aminoácidos totales. En los últimos años, se ha desarrollado un concepto en el que se emplea como criterio de formulación, la digestibilidad de los aminoácidos en los ingredientes. La digestibilidad de un aminoácido se obtiene de la diferencia entre

la cantidad del aminoácido consumido, menos la cantidad excretada en las heces. En el caso de la disponibilidad, se requiere de conocer la digestión, absorción y utilización en el organismo⁸.

En México existe información publicada²⁴, sobre los aportes de aminoácidos digestibles en las materias primas convencionales. Si bien es cierto que existen varias fuentes donde se pueden consultar valores de digestibilidad verdadera de aminoácidos de las principales materias primas, también es cierto que es indispensable conocer los factores que afectan la digestibilidad, para así poder hacer un uso más eficiente de las materias primas, disminuyendo el desperdicio de la proteína dietaria²⁵.

Estos factores se dividen en dos grupos: a) los procesos tecnológicos empleados en el proceso para obtener una materia prima y b) las características propias de cada grupo de materia.

A) Procesos tecnológicos: Se definen como la aplicación de factores físicos y/o mecánicos, químicos o fermentativos a un sustrato determinado cuyo objetivo es incrementar el consumo y la digestibilidad del alimento. Los tratamientos potenciales son múltiples y su empleo dependerá de las características del alimento en cuestión²⁵.

I. Temperatura: Como parte del proceso de producción de pastas de oleaginosas y harinas de subproductos de origen animal, en algunos casos el objetivo es el de mejorar la calidad del alimento (destrucción de lectinas, factores antiproteasas); sin embargo, su empleo puede generar la formación de compuestos que disminuyen la digestibilidad de lisina y su utilización metabólica.

II. Molido: Tiene como finalidad reducir el tamaño de la partícula, lo que produce un mejor mezclado y debido al aumento en la superficie de contacto, se incrementa la susceptibilidad del alimento a la acción enzimática, mejorando la digestibilidad de la proteína y de los aminoácidos.

III. Extrusión: Consiste en someter a los efectos conjuntos de presión y temperatura a un alimento. Las modificaciones causadas por este tratamiento son profundas: inactiva casi en su totalidad a los factores antiproteasas, produce una gelatinización del almidón y desnaturaliza a la proteína, mejorando la digestibilidad.

IV. Descascarillado: Tratamiento mecánico destinado a disminuir el contenido de fibra y de taninos de algunas materias primas, ya que estos últimos se localizan en la cáscara de leguminosas, como el chícharo y el frijol.

B) Composición del ingrediente: Muchos ingredientes vegetales contienen sustancias generadas por el propio metabolismo normal de cada especie, que

ejercen efectos negativos en el animal que los consume. Dentro de esta clasificación se encuentran los factores antinutricionales, que tienen un efecto depresivo sobre la digestión y la utilización de la proteína.

I. Taninos: Son metabolitos fenólicos, solubles en agua y están presentes en forma hidrolizada o condensada, retardando el crecimiento de las semillas. Se localizan principalmente en las partes de la planta susceptibles de ser dañadas (pericarpio en el caso del sorgo) y se caracterizan por disminuir principalmente la digestibilidad de la proteína y de todos los aminoácidos²⁵.

II. Factores antiproteasas: Altamente diseminados en el reino vegetal, se caracterizan por su capacidad de formar complejos estables con las enzimas proteolíticas. Su acción negativa sobre la digestibilidad de la proteína y aminoácidos se debe a la inhibición de la tripsina y la quimi tripsina¹⁶.

III. Lectinas: Glicoproteínas que pueden unirse a receptores de las células epiteliales de la mucosa intestinal e interferir con el proceso digestivo; al igual que los factores antiproteasas, son inactivadas por el calor.

IV. Fibra: Aunque estrictamente no es un factor antinutricional, puede ser considerado como tal, ya que interfiere en la digestión de la proteína. Este término incluye a la fibra soluble en agua (glucanos, arabinoxilanos, pectina y galactomananos) a la fibra insoluble en el agua (celulosa, hemicelulosa y

lignina). La fibra soluble aumenta la viscosidad, produciendo una disminución del movimiento de las moléculas, afectando su absorción y por lo tanto, su digestibilidad. En el caso particular de los subproductos de trigo, la digestibilidad está altamente relacionada con el contenido de fibra detergente neutro¹⁶.

1.5.0 Proteína ideal

El concepto de proteína ideal fue desarrollado por primera vez en la Universidad de Illinois en los años 50's y principios de los 60's. El objetivo era el de proveer una mezcla ideal de aminoácidos indispensables para conocer exactamente los requerimientos de los pollos para síntesis de proteína y mantenimiento, sin tener una deficiencia o un exceso; sin embargo, los científicos se dieron cuenta de que su primera versión de una proteína ideal tenía excesos de aminoácidos⁶.

Dean y Scott comprendieron que las dietas originales con 25 % de proteína, contenían substancialmente excesos de aminoácidos, por lo que iniciaron una serie de investigaciones sobre estos requerimientos, culminando en el estándar Dean en 1965, con una dieta de 17.7 % de proteína. Posteriormente, Scott y Baker junto con sus estudiantes de posgrado, probaron que varios aminoácidos en el estándar de Dean, estaban en exceso y propusieron un nuevo estándar mejorado, que contenía solamente 14,8 % de proteína y alcanzaba los mismos resultados que los estándares con 17.7% de proteína. Esto dió origen a lo que

conocemos actualmente como patrón ideal de aminoácidos digestibles de Illinois (IIPC) para pollo de engorda²⁶.

Cuando se formulan raciones utilizando solamente ingredientes naturales para poder satisfacer el primer aminoácido limitante, es posible ocasionar un exceso de varios aminoácidos esenciales y no esenciales^{27,28} y aunque la utilización de aminoácidos cristalinos para reducir la proteína cruda se ha estudiado por muchos años, aún existen dudas acerca de cuales son los aminoácidos más limitantes cuando la proteína dietaria es reducida y a que concentraciones estos nuevos aminoácidos son requeridos en la dieta^{29,30,31}.

Un exceso de proteína traerá como consecuencia, la utilización ineficiente de los aminoácidos. Por lo cual, bajo esta situación puede deprimirse el desempeño productivo de las aves. Este tipo de situaciones puede conducir a una producción avícola menos rentable, debido a que las aves no tienen el potencial para convertir a los aminoácidos extras en proteína corporal. Es así que se hace necesario el estudio de métodos precisos, que conduzcan a una mejora en la eficiencia de formulación, para determinar la cantidad, el correcto balance y la calidad de los aminoácidos que se requieren en las dietas para aves. A medida que un número mayor de ingredientes alternativos llegaran a ser más económicos, y el conocimiento para utilizarlos en alimentos balanceados se comprenda mejor (valores estimados del contenido total de aminoácidos y su digestibilidad), se

tendrá un enfoque más científico y así se mejorará su uso en la alimentación de aves^{27,28,32}.

En general, el concepto de proteína ideal (balance ideal de aminoácidos) puede ser definido en diferentes maneras. El concepto fue descrito como una mezcla de aminoácidos o de proteínas con disponibilidad total en la digestión y en el metabolismo, cuyas composiciones son idénticas a las necesidades destinadas para el mantenimiento y crecimiento del animal²⁷. Peñalva³³, lo describe como un balance exacto de los aminoácidos esenciales, capaces de satisfacer sin deficiencias, ni excesos, las necesidades absolutas de todos los aminoácidos, requeridos para su mantenimiento y una máxima deposición muscular, expresando cada aminoácido como porcentaje en relación a otro aminoácido de referencia.

Con ésto es posible mantener una relación constante, conservando una calidad de proteína similar, capaz de cubrir las necesidades fisiológicas y productivas del animal; en resumen, el concepto tiene como objetivo proporcionar el balance exacto de aminoácidos que el animal necesita, expresado en un perfil de proteína ideal, sin excesos ni deficiencias y que poca cantidad de estos aminoácidos sean utilizados como energía. El concepto también sugiere que la cantidad de nitrógeno excretado sea menor y que los aminoácidos esenciales no sean convertidos a otras formas no esenciales^{30,34}.

1.5.1 Lisina como aminoácido de referencia

El concepto de proteína ideal, usa la lisina como el aminoácido de referencia, expresándose los requerimientos de los otros aminoácidos indispensables como porcentaje de la lisina digestible³⁵.

La formulación a un perfil de proteína ideal, considera a la lisina como el aminoácido de referencia para calcular la relación o proporción del resto de los aminoácidos esenciales. La lisina se seleccionó como el aminoácido de referencia, por tres principales razones^{6, 27, 36}.

1. El análisis químico en el alimento, comparado con la determinación de aminoácidos azufrados y triptófano, es relativamente fácil, directo y más sencillo.
2. Además de conocer el papel metabólico de la lisina que es absorbida dentro del organismo del animal, se circunscribe a funciones anabólicas, ya que participa principalmente en la deposición de proteína corporal. Cuando es absorbida, sólo se utiliza para síntesis de proteína.
3. Existe una cantidad importante de información publicada sobre las necesidades de lisina en gran variedad de dietas, medio ambiente y composición del cuerpo (en el caso de pollo de engorda), sin embargo, cabe señalar que para

el caso de gallina de postura y/o pollita de reemplazo, en la actualidad no existe un patrón de proteína ideal con base en aminoácidos digestibles.

Otra razón para tener a la lisina como aminoácido de referencia, es que debe considerarse que la oferta comercial de lisina cristalina, actualmente es muy accesible y económica para la industria de alimentos balanceados, esto es importante ya que la lisina es el segundo aminoácido limitante en dietas para aves después de los aminoácidos azufrados^{37,38}.

1.5.2 Formulación con el perfil de aminoácidos digestibles

La formulación de dietas con proteína ideal, es una nueva opción que utiliza información de los coeficientes de digestibilidad de los aminoácidos aportados en las materias primas. Inicialmente la formulación con base en aminoácidos digestibles estuvo limitada por la falta de información de los requerimientos de aminoácidos digestibles en aves, hoy en día se cuenta con los requerimientos de aminoácidos digestibles para la producción de carne de pollo^{27,31,33,39,6,36,37}, sin embargo, para el caso de la pollita de reemplazo, no es suficiente y se necesita mayor información.

Por otra parte, se tiene una importante base de datos de los aportes de aminoácidos digestibles en una gran variedad de ingredientes empleados en la alimentación de no rumiantes^{24,40}, con ello, se complementa la información

requerida para la formulación con un perfil de aminoácidos digestibles. En consecuencia, la formulación empleando los coeficientes de digestibilidad de aminoácidos en las materias primas, considera la fracción digestible de cada uno de los aminoácidos que puede ser útil para el crecimiento animal, por ello este sistema de formulación incluye entre sus beneficios, el uso de materias primas de baja o pobre calidad ⁵.

1.6.0 Características generales de la lisina

La lisina o ácido 2,6-diaminoexanoico Lis (k), pertenece al grupo de los aminoácidos con grupos R cargados positivamente (básicos) a un pH 7, con 6 átomos de carbono. Contiene un segundo grupo amino en la posición epsilon de la cadena alifática y posee la estructura que se muestra en la figura 1.

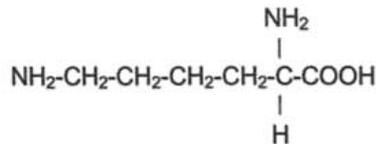


FIGURA 1.- Estructura química de la L-lisina. Scott et al¹⁶.

La lisina es uno de los diez aminoácidos esenciales para las aves. Los requerimientos de este aminoácido varían de acuerdo con la edad de la pollita de reemplazo, así como con el nivel de proteína en la dieta, aunque no es directamente proporcional a ésta ²⁰.

Este aminoácido es importante para el crecimiento y para mantener el equilibrio de nitrógeno, y al igual que la valina y la leucina, funcionan como unidades esenciales en la formación de las proteínas de los tejidos del organismo y de ahí su importancia en la producción de carne y en el mantenimiento de la integridad corporal. Forma parte de la estructura de algunas proteínas como son: la elastina (proteína que forma parte importante de los cartílagos, dando la propiedad elástica a éstos) y las histonas, que son proteínas básicas que junto con el ADN forman las fibras de la cromatina de las células somáticas. La lisina por un proceso de descarboxilación, como resultado de acción bacteriana, puede formar una amina tóxica denominada cadaverina²⁰.

1.7.0 Aminoácidos sintéticos

Desde hace varios años se encuentran en el mercado aminoácidos cristalinos como la L-lisina HCL, la DL-Metionina, L-treonina y L-triptofano, que por su bajo costo y alta disponibilidad permiten balancear dietas para aves de manera más óptima, estos aminoácidos son los más deficitarios en las dietas, debido a los ingredientes que más comúnmente se emplean. Con esta alternativa es posible una disminución de la concentración de la proteína de la dieta, por lo que el empleo de estos aminoácidos es cada vez mayor en la industria de alimentos balanceados⁴¹.

En la actualidad, los requerimientos para los aminoácidos cristalinos (lisina, metionina, treonina) han sido estudiados y referidos, empero, en el caso específico de lisina para pollita de reemplazo, sus necesidades de este aminoácido han sido escasamente estudiadas.

La suplementación con aminoácidos sintéticos para la nutrición animal, puede constituir un método eficaz para elevar la calidad biológica de las proteínas¹³. Además, no sólo brindan la oportunidad de reducir el nivel de proteína cruda y la inclusión de pastas de oleaginosas en la dieta^{42,15}, sino que también permiten la utilización potencial de ingredientes alternativos para formular económicamente las dietas y satisfacer los requerimientos de aminoácidos^{29,43}. En muchas situaciones, el uso de aminoácidos sintéticos es una decisión monetaria¹⁸.

Los aminoácidos cristalinos se digieren fácilmente (100%) y están completamente disponibles para la utilización por el animal^{43,44,45,46}. Sin embargo, debido a las diferencias en la digestibilidad y la subsecuente absorción entre los aminoácidos libres y los ligados a proteínas o a carbohidratos, un factor adicional que puede limitar el uso de aminoácidos cristalinos en las dietas para aves, es la manera en que estos son utilizados²⁹.

La proporción de absorción intestinal de las fuentes de aminoácidos, puede ser un problema a causa de que la dieta basal usualmente contiene únicamente

aminoácidos cristalinos, o una combinación de proteína intacta y aminoácidos cristalinos⁴⁵.

Las respuestas a la adición de aminoácidos sintéticos tienden a ser variables, una de ellas es que la selección de un aminoácido como suplemento supone el total conocimiento de que el aminoácido en cuestión es el primer aminoácido limitante a los exactos niveles de la suplementación; un grado de precisión que difícilmente se obtiene. En si el uso de este tipo de aminoácidos básicamente no tiene restricciones, la única está en el balance de aminoácidos que resulte; se ha dicho que niveles elevados de aminoácidos cristalinos puede ser contraproducente, lo que es cierto, sólo cuando se rebasan las demandas o se provocan imbalances⁴³.

La suplementación mediante el uso de proteína natural puede ser más cara, pero tiene la ventaja que puede corregir a la vez otros desequilibrios de los aminoácidos⁴⁷.

Recientemente los problemas ecologistas estimulan el uso de aminoácidos cristalinos, debido a la contaminación de aguas y suelo con nitrógeno, algunas leyes ecologistas obligan a los productores a reducir sus hatos y otros tienen que reducir el uso de proteínas para disminuir la excreción de nitrógeno⁴⁸.

1.7.1 Ventajas del uso de aminoácidos sintéticos

Una de las principales ventajas al utilizar aminoácidos sintéticos en la alimentación animal, es que se puede reducir la concentración de proteína de la dieta, así como satisfacer de manera económica las necesidades de los aminoácidos más limitantes. Existen estudios que han demostrado la factibilidad de reducir hasta dos puntos porcentuales el nivel de proteína dietaria en relación a lo establecido en las dietas comerciales. Todo este concepto parte de la premisa de que las aves no tienen un requerimiento de proteína cruda definido, el cual puede reducirse si se suplementan cantidades adecuadas en la dieta de los aminoácidos más limitantes y además de una cantidad de nitrógeno no proteico necesario para la síntesis de otros aminoácidos importantes en su metabolismo.

Se puede reducir el costo de formulación de las dietas, al incluir niveles de proteína menores o con la posibilidad de emplear ingredientes proteicos de menor calidad. En la actualidad, la tendencia es la de reducir aún más la concentración de proteína ante la disponibilidad de un mayor número de aminoácidos sintéticos que pudieran ser empleados y producidos por la industria de los alimentos. Ésto se ha demostrado en distintos estudios, donde el comportamiento productivo se ha igualado en animales que consumieron alimentos con niveles elevados e inferiores de proteína. Al disminuir dicho contenido de proteína en la dieta puede darse un mejor balance de proteína y

energía, obteniendo un mejor desempeño de los animales explotados en zonas con temperaturas elevadas.^{27,28,30}

La disminución de la proteína dietaria, es una tendencia para reducir la cantidad de nitrógeno que se elimina al medio ambiente en regiones del país con alta concentración de animales de granja⁴⁹.

1.7.2 L-Lisina HCL

La L-lisina es producida comercialmente por un proceso microbiano, seguido de una purificación, el producto comercial es L-lisina monoclóridato¹⁶.

La Lisina HCL se produce a través de las técnicas de fermentación, para éstas son críticas las fuentes de energía y nitrógeno. La fermentación empieza a pequeña escala, agregando un inoculante a un cultivo, después se permite que las bacterias se multipliquen varias veces. Las bacterias producen el aminoácido durante 60-70 horas antes de alcanzar el límite, posteriormente el inoculante es pasteurizado para destruir a las bacterias, en tanto se cosecha y cristaliza el aminoácido⁴⁸.

La lisina puede existir en las formas de estereoisómeros L o D, pero sólo la forma L está presente en la estructura de las proteínas²². Los aminoácidos D se convierten en L mediante un proceso que involucra dos pasos. Consiste en la oxidación del aminoácido D para producir su cetoácido alfa, seguida de la

transaminación para obtener el aminoácido L. Desafortunadamente, los animales no poseen la enzima D-aminoácido-oxidasa específica para oxidar a la lisina y que es necesaria para llevar a cabo el primer paso, y por ende, la D-lisina no tiene actividad biológica. Todos los productos comerciales que existen contienen sólo L-lisina^{50,22}.

La oferta de lisina cristalina se inició en los años setenta (como L-lisina HCL), su uso en la producción pecuaria se extiende principalmente en la nutrición de aves y cerdos⁴³. Las respuestas de la inclusión de la lisina sintética son las mismas que las de la lisina natural⁴⁷.

La principal causa del uso de lisina cristalina en las dietas para aves y cerdos, es debido al elevado porcentaje de inclusión de granos o ingredientes empleados y los cuales son deficientes en este aminoácido^{51,42,52}, sin embargo, también se ha encontrado que existe respuesta en la retención de nitrógeno, así como en la mejor ganancia de peso y en la eficiencia alimentaria. Trabajos realizados por Han y Baker⁵³, donde probaron los efectos de adición de L-lisina HCL en exceso a una dieta conformada por maíz-soya, encontrándose que la adición de 1% resultó en una depresión del consumo de alimento, la ganancia de peso disminuyó sólo cuando se agregaron de 2 a 4 % de L-lisina HCL.

1.7.3. Antagonismo de la L-lisina con L-arginina

Cuando la proteína de la dieta se encuentra en balance exacto y en cantidades suficientes, la velocidad de síntesis de tejidos y la eficiencia de utilización de la ración puede acercarse al máximo; sin embargo, si existe una pequeña deficiencia de aminoácidos el animal puede intentar compensarla por un mayor consumo de la dieta. En algunos de los casos la tasa de crecimiento puede alcanzar el máximo, pero la eficiencia de la dieta no puede ser compensada⁵⁴. Harper en 1956 fue el primero en caracterizar las interacciones entre aminoácidos como desbalances y antagonismos⁵⁵.

Un antagonismo fue definido como una interacción específica, en la cual los requerimientos de un aminoácido esencial, no necesariamente el primer aminoácido limitante, es incrementado por la adición de un aminoácido estructuralmente relacionado a la dieta, un ejemplo es el antagonismo de la lisina – arginina, en la cual los excesos de lisina incrementan los requerimientos de arginina⁵⁵.

La enzima esencial para la degradación de arginina es la arginasa renal, la cual cataliza la formación de urea y ornitina a partir de arginina. El nivel de esta enzima puede ser incrementado cuando las aves son alimentadas con dietas excesivas en arginina, lisina y varios otros aminoácidos como histidina, Isoleucina, tirosina y ornitina. Un exceso de lisina en la dieta puede causar una

marcada actividad de la enzima arginasa renal e incrementar la degradación de arginina. Lo cual resulta en un antagonismo entre lisina – arginina, por tanto, un exceso de lisina en la dieta causa una depresión en el crecimiento, el cual puede ser prevenido por un incremento en el contenido de arginina. Por esta razón el contenido de lisina en pollitas en crecimiento no debe ser mayor de 1.2 veces el contenido de arginina^{22,16}.

La lisina y la arginina comparten el sistema de transporte en los túbulos del riñón y los excesos de uno puede causar una reducción en la eficiencia de absorción del otro y producir una pérdida por la orina¹⁶.

D'Mello y Lewis^{56,54}, demostraron que con exceso de lisina, los niveles de arginina en plasma decaen y hay un descenso en la tasa de crecimiento y en el consumo de alimento. En otra investigación, la reducción en el consumo de alimento por el exceso de lisina parece ser un factor en la interacción y altos niveles de cloro en la dieta parecen incrementar los efectos de los excesos de lisina en los requerimientos de arginina²².

1.7.4. Interacciones treonina - lisina

Existe evidencia de que el requerimiento para un aminoácido puede estar proporcionalmente ligado al requerimiento de otro. Este parece ser el caso para la treonina y la lisina. La treonina no puede ser discutida aisladamente de la

lisina y por supuesto, el requerimiento de treonina no puede ser establecido hasta que el requerimiento de lisina no haya quedado satisfecho. Sin embargo, la relación entre estos aminoácidos parece ir más allá de este punto, ya que se ha demostrado que niveles elevados de lisina dietaria incrementan la actividad de la enzima treonina deshidratasa, la cual produce una oxidación más rápida de treonina⁵⁷. Ésto lo confirman algunos investigadores que han notado una reducción en la treonina plasmática con excesos dietarios de lisina^{58,59,60}.

1.8.0 Alimentación de pollitas en etapas de iniciación y crecimiento.

Los requerimientos de lisina para la pollita de reemplazo fueron señalados por Edwards *et al.*⁶¹ como 0.9 - 1.1% de la ración, evaluando las necesidades durante el parámetro crecimiento, es decir, de 0 – 42 días de edad, Chung *et al.*⁶², recomendaron 0.94% de 1 – 21 días de edad para crecimiento y conversión alimenticia, Keshavarz⁶³, señala 0.68% para crecimiento y producción de 0 – 504 días de edad, el NRC de 1994⁹, recomienda 0.85% y 18 % de proteína de 0 – 42 días de edad y el Manual de la Estirpe Hy-Line W-36¹⁰, recomienda, 1.1% de 0 – 42 días de edad y 0.90% de 6 a 8 semanas de edad.

1.9.0 Reducción de nitrógeno y consecuencias

El producto final del metabolismo de las proteínas en las aves, es el ácido úrico. Entre los pasos para su síntesis se incluye la remoción del amoníaco mediante un proceso de transaminación y descarboxilación oxidativa, generándose el transporte del amoniaco y la síntesis de carbamil fosfato, para iniciar el ciclo de la urea. Las aves carecen de la carbamil fosfato sintetasa y por esta razón no pueden sintetizar urea. La manera en que se elimina el nitrógeno es a través del ácido úrico produciendo base púrica⁶⁴.

Cuando un organismo no puede obtener mediante la dieta la suficiente cantidad de aminoácidos esenciales, el organismo cataboliza la proteína de los músculos para obtener dichos aminoácidos. Por este proceso natural se aumenta la producción de nitrógeno y su eliminación mediante el ácido úrico, el cual aumenta. Con un incremento en los niveles de aminoácidos esenciales en la dieta, esta eliminación disminuye, por unidad de proteína consumida^{64,65}.

Los niveles normales de ácido úrico en la sangre son de 2 a 15 mg/dl; valores de 20 a 30 mg/dl son considerados elevados. Ésto puede deberse a varios factores, como son: estados de malnutrición, deshidratación o destrucción masiva de tejido, debido a traumatismos, siendo el más común de todos: por nefrosis⁶⁶.

Por otro lado, los esqueletos carbonados de los aminoácidos sirven como fuente de energía para el organismo y la conversión de intermediarios para la formación de glucosa y grasa. Debido a esto se clasifica a los aminoácidos como gluconeogénicos o cetogénicos. La leucina, isoleucina, lisina, fenilalanina, tirosina y treonina son cetogénicos y entran al ciclo de Krebs mediante la vía de la acetil-CoA; el resto de los aminoácidos son gluconeogénicos^{22,64,66}.

La lisina es degradada en el hígado del ave por una L-aminoácido oxidasa y una lisina cetoglutarato reductasa, para la formación de ácido pipercolico y sacaropina. Esta última es la ruta para la degradación de L-lisina; ambas rutas convierten a los alfa-amino a Nitrógeno y CO₂^{22,50}. Por otro lado, la treonina no participa en la transaminación y ésta sirve como sustrato para otros aminoácidos^{22,67,68,69}.

Las gallinas de postura, hoy en día reciben un exceso de proteína dietaria⁷⁰. La parte de nitrógeno que no es retenida por el animal para crecimiento y producción es excretada, convirtiéndose en potencial destructor del medio ambiente⁷¹ (figura 2). La teoría de Lovelock's Gaia describe al planeta tierra como un organismo en un estado de equilibrio dinámico y si este estado es alterado, los choques entre una especie y otra pueden destruir incontables ecosistemas, hasta que este equilibrio nuevamente sea recuperado.⁷²

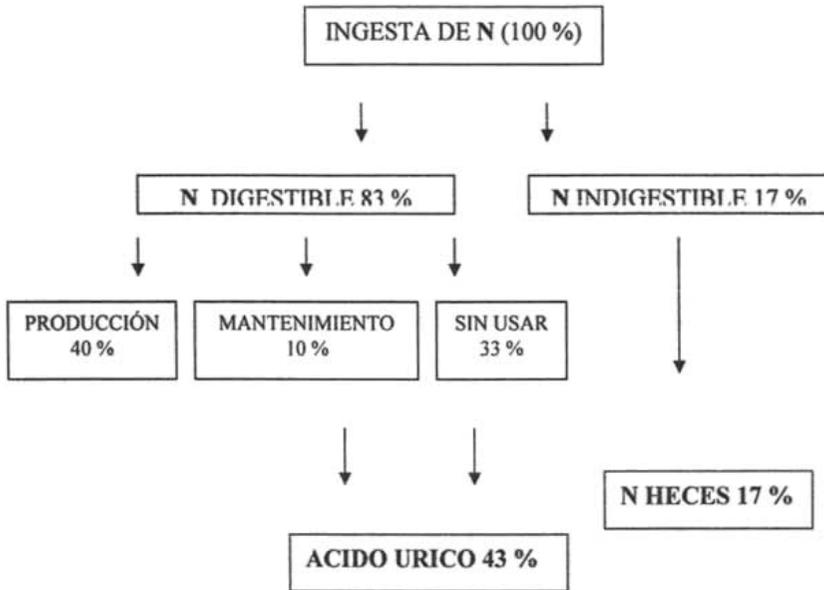


Figura 2. Representación de la utilización del nitrógeno por las aves⁷³.

El nitrógeno es uno de los contaminantes, producto de los sistemas de producción animal, más serios para el medio ambiente. Adiciones de nitrógeno en exceso al suelo causan erosión y por lo tanto, contaminan mantos freáticos. Además, la emisión de amoniaco a la atmósfera causa daños respiratorios y es una de las causas de la formación de lluvias ácidas^{72,70}.

Solamente la cantidad de estiércol producida en los Estados Unidos fue estimada en alrededor de 120 millones de toneladas en 1992, de las cuales 8.25 millones fueron nitrógeno⁷³. De esta manera aparece la justificación de una

legislación Europea, que ha impuesto un máximo de nitrógeno que se pueden aplicar a las zonas agrícolas (170 kg / hectárea)⁷⁴.

En general, los animales son muy ineficientes para convertir la proteína de la dieta a proteína animal. Sólo el 40 % del nitrógeno consumido es utilizado para la producción de carne o huevo y el resto es eliminado por las heces o por la orina, que contaminan la tierra^{74,73,72}.

Uno de los factores que afectan la utilización de la proteína de la dieta es el balance de aminoácidos, tanto para mantenimiento como para producción. Es bien sabido que dietas con menor cantidad de proteína y complementadas con los aminoácidos mas limitantes, aumentan la eficiencia de utilización de la proteína de la dieta. Por otro lado, con la adición de aminoácidos sintéticos bajo el concepto de proteína ideal, las variables productivas pueden ser mantenidas e incluso incrementadas. Además, al utilizar aminoácidos sintéticos, disminuye la excreción de nitrógeno al medio ambiente⁷².

2.0 JUSTIFICACION

Con los antecedentes ya mencionados, además de la continua investigación y mejoramiento de la estirpe Hy line W - 36 que es utilizada comúnmente en México, se diseñó el presente estudio para evaluar si las necesidades de lisina para pollitas de reemplazo de esta estirpe en las etapas de iniciación y crecimiento no han cambiado en los últimos años.

3.0 HIPÓTESIS

La adición de niveles o porcentajes de lisina en la dieta de la pollita Leghorn Hy Line W-36¹⁰ en las etapas de iniciación y crecimiento, por encima de los requerimientos que señala el NRC de 1994 ⁹, no mejora la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia.

4.0 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento productivo (ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia) de la pollita de reemplazo Leghorn Hy-Line W – 36 en la etapa de iniciación (0 a 6 semanas de edad) y crecimiento (6 a 8 semanas de edad), alimentada con diferentes niveles de lisina en su dieta, señalados por el NRC de 1994⁹ y en el manual de la estirpe Hy Line W-36 2000-2002¹⁰.

5.0 MATERIAL Y METODOS

Se realizó un experimento en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPA) perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. El centro está ubicado en Santiago Zapotitlán, Delegación Tláhuac, México Distrito Federal. Se encuentra a una altitud promedio de 2,235 m.s.n.m., entre los paralelos 19° 17' 30" latitud Norte y longitud Oeste entre 98° 57' 30", bajo un clima templado subhúmedo, con bajo grado de humedad (C(wo)(w)); siendo enero el mes más frío y mayo el más caluroso, con una temperatura media anual de 16° C y una precipitación pluvial media de 600 a 800 m.m.⁷⁵

Se utilizaron 288 pollitas de un día de edad, estirpe Hy-Line W-36¹⁰. Con un peso promedio de 45 g \pm 0.4. Se usaron jaulas en batería eléctricas marca Petersime con termostato e iluminación automática, las cuales se ubicaban dentro de una caseta con ventilación natural.

Se distribuyeron las pollitas en un diseño completamente al azar, en seis tratamientos con cuatro repeticiones de doce aves cada una.

Los seis tratamientos en cada una de las etapas del experimento de las pollitas, consistieron en la inclusión de varios niveles de lisina. En la etapa de iniciación

(0 a 6 semanas de edad), fueron 0.85, 0.90, 0.95, 1.0, 1.05 y 1.10 %, con un aporte de 20 % de P C en la dieta. El primer nivel 0.85% correspondió al señalado por el NRC de 1994⁹ como el requerimiento y el último de 1.10% por el Manual de la Estirpe¹⁰ como recomendado. En el caso de la etapa de crecimiento (6 a 8 semanas de edad), los tratamientos fueron 0.60, 0.66, 0.72, 0.78, 0.84, 0.90 % con 18 % de proteína de aporte en la dieta, El primer nivel 0.60% correspondió al señalado por el NRC de 1994⁹ como el requerimiento y el último de 0.90% por el manual de la estirpe¹⁰ como recomendado. La composición de las dietas basales fueron con base a sorgo, soya y ajonjolí. El agua y alimento se ofrecieron a libre acceso desde el primer día.

Cuadro 3. Dietas basales empleadas en el experimento para etapas de iniciación y crecimiento.

INGREDIENTE	INICIACIÓN (0 a 6 Sem.)	CRECIMIENTO (6 a 8 Sem.)
Sorgo	628	654
Pasta de Soya	194	82
Pasta de Ajonjolí	134	215
Ortofosfato	16.2	17.4
Carbonato de calcio	14.2	16.6
Aceite	5.00	5.00
Sal (NaCL)	3.50	4.24

Azúcar	3.20	3.80
Minerales	1.00	1.00
Bacitracina	0.50	0.30
Vitaminas	0.40	0.40
Cloruro de colina	0.40	0.40
Antioxidante	0.15	0.20
L-treonina	--	0.40
NUTRIENTE		
Proteína cruda %	20.00	18.00
E.M. (Kcal/kg)	2911	2922
Lisina %	0.850	0.60
Metionina %	0.388	0.40
Met + cistina %	0.749	0.76
Treonina %	0.760	0.70
Triptofano %	0.272	0.25
Calcio total %	1.0	1.10
Fosforo disp. %	0.450	0.47
Ac. Linoleico %	1.101	1.24
Sodio %	0.150	0.18
Lisina dig %	0.721	0.49

Cada siete días las aves y el alimento de los comederos se pesaban para lograr registrar parámetros de peso vivo, consumo de alimento y se calculó la ganancia de peso y conversión alimenticia.

El manejo al que se sometieron las pollitas durante el experimento consistió en:

Despique a los 10 días de edad.

El calendario de vacunación fue el siguiente:

Incubadora: vacuna contra enfermedad de Mareck

1^a. Semana: vacuna contra infección de Bolsa de Fabricio

3er. Semana: vacuna contra enfermedad de Newcastle e Influenza

4^a. Semana: vacuna contra infección de Bolsa de Fabricio

5^a. Semana: vacuna contra enfermedad de Bronquitis

7^a. Semana: vacuna contra enfermedad de Newcastle y Viruela

8^a. Semana: vacuna contra enfermedad de Bronquitis

El programa de iluminación fue luz natural.

6.0 ANALISIS ESTADÍSTICO

Los datos de las variables obtenidas al final del estudio fueron sometidos a un análisis de varianza conforme a un diseño completamente al azar.

7.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados promedios obtenidos en las variables que aparecen en el Cuadro 4, no fueron diferentes estadísticamente entre los tratamientos ($P>0.05$) durante la etapa de iniciación (0 a 6 semanas de edad).

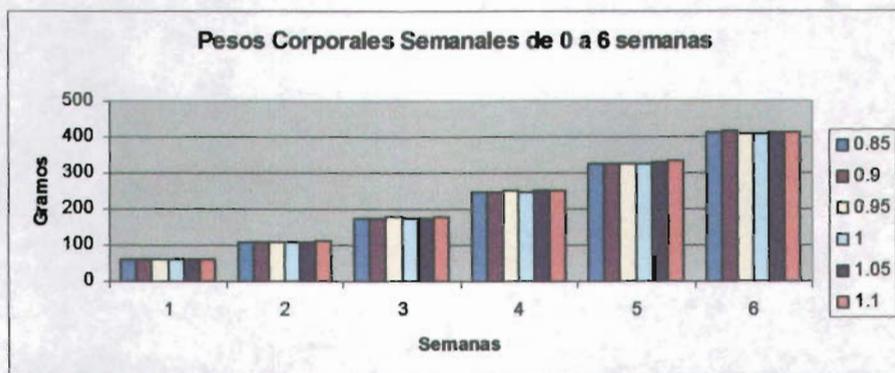
Cuadro 4. Resultados promedios obtenidos durante la etapa de iniciación (0 a 6 semanas de edad) en pollitas Leghorn Hy-Line W-36¹⁰

Lisina % Tratamiento	Peso corporal g	Ganancia de peso g	Consumo de alimento g	Conversión alimenticia
0.85	411	380	944	2.483
0.90	415	379	939	2.477
0.95	410	373	934	2.501
1.00	411	374	920	2.458
1.05	413	368	961	2.611
1.10	415	379	916	2.489

Los resultados de peso corporal de las pollitas en experimentación durante la etapa de iniciación (0 a 6 semanas) se muestran en la Grafica 1. Ésta indica que no hubo diferencia entre los tratamientos evaluados en cada semana y cabe señalar que los pesos semanales de las pollitas durante las seis semanas de experimentación estuvieron dentro de los pesos ideales señalados en el Manual

de la Estirpe ¹⁰ y que el emplume no se vio afectado por los diferentes tratamientos.

Grafica 1. Resultados de peso corporal de las pollitas en experimentación durante la etapa de iniciación (0 a 6 semanas)



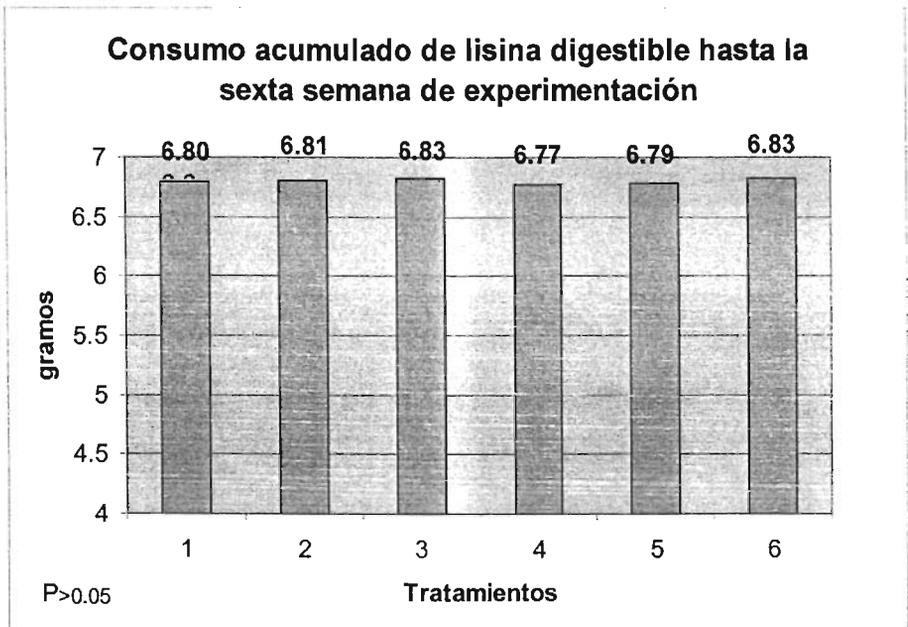
Retomando el cuadro 4, se puede observar que el peso corporal varió de 410 g a 415 g a la sexta semana de experimentación, siendo estos valores superiores a los sugeridos por el manual de la estirpe¹⁰, que es de 400 g para la edad de 6 semanas. Sin embargo, el NRC de 1994⁹ sugiere que sean de 450 g para estirpes ligeras en general y los resultados obtenidos en el experimento son inferiores al NRC de 1994⁹.

En cuanto a ganancia de peso durante las 6 semanas, los valores obtenidos variaron de 368 a 379 g, dichos valores, concuerdan con lo mencionado por Lesson y Summers¹⁸. Los resultados fueron similares estadísticamente ($P > 0.05$) entre los tratamientos, lo que indica que con 0.85% de lisina total es suficiente para lograr el peso deseado.

El consumo de alimento varió desde 916 a 961 g por ave en la etapa de 0 a 6 semanas, obteniendo valores inferiores a los que sugiere el Manual de la Estirpe¹⁰ que es de 1,085 g de consumo por ave. En el periodo de 0 a 6 semanas de edad, el NRC de 1994⁹ marca un consumo de alimento de 980 g, que es mayor a lo obtenido en el experimento. Para este parámetro no hubo diferencia estadística ($P>0.05$) entre tratamientos.

La conversión alimenticia obtenida a la sexta semana fue desde 2.458 kg de alimento para el tratamiento 4, y hasta 2.611 del tratamiento 5. El manual de la estirpe¹⁰ recomienda a la sexta semana una conversión alimenticia de 2.712 kg de alimento, siendo ésta mayor a los resultados del estudio y el NRC de 1994⁹, marca en conversión alimenticia a la sexta semana de 2.420, siendo más baja a la obtenida en la presente investigación. Para conversión alimenticia tampoco se encontró diferencia estadística ($P>0.05$) entre tratamientos indicando 0.85% de lisina total como suficiente en la dieta de pollitas.

El análisis de consumo acumulado de lisina digestible en cada uno de los tratamientos se muestra en la grafica 2, donde se observa que no hubo diferencia estadística ($P>0.05$) entre los tratamientos para el consumo de lisina digestible, por lo tanto, la pollita de reemplazo en la etapa de iniciación (0 a 6 semanas de edad) requiere en promedio 6.8 g de lisina.



Grafica 2. Consumo acumulado de lisina digestible hasta la sexta semana de experimentación.

Los resultados promedios obtenidos durante la etapa de crecimiento (6 a 8 semanas de edad), se muestran en el Cuadro 5.

El análisis estadístico indicó diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en las variables: peso corporal, ganancia de peso y conversión alimenticia para la etapa de crecimiento de la pollita de reemplazo.

Cuadro 5. Resultados promedios obtenidos durante la etapa de crecimiento (6 a 8 semanas de edad), en pollitas Leghorn Hy-Line W-36¹⁰

Lisina % Tratamiento	Peso corporal g	Ganancia de peso g	Consumo de alimento g	Conversión alimenticia
0.60	547 ^a	135 ^a	621 ^a	4.592 ^b
0.66	572 ^{a,b}	156 ^{a,b}	621 ^a	3.979 ^{a,b}
0.72	576 ^b	166 ^b	617 ^a	3.738 ^a
0.78	578 ^b	168 ^b	601 ^a	3.598 ^a
0.84	566 ^{a,b}	153 ^{a,b}	638 ^a	4.195 ^{a,b}
0.90	579 ^b	163 ^b	579 ^a	3.546 ^a

Diferentes letras en columna indican diferencia estadística ($P < 0.05$)

Se observa que el peso corporal varió de 547 g a 579 g, siendo el tratamiento 1 con el nivel de 0.60 % de lisina, el de menor peso corporal ($P < 0.05$) y estando por debajo de lo marcado por el Manual de la Estirpe¹⁰ que es de 590 g y por El

NRC de 1994⁹ que señala 660 g para la octava semana de edad en estirpes ligeras.

Los resultados de ganancia de peso durante la etapa de crecimiento (6^a a 8^a semana de edad de la pollita), varían desde 135 g para el tratamiento con menor porcentaje de inclusión de lisina (0.60%) y diferente estadísticamente de los demás tratamientos. Para el tratamiento con 0.90 % de lisina, la ganancia de peso fue de 163 g. El manual de la estirpe¹⁰ recomienda una ganancia de peso de la sexta a la octava semana de 190 g y el NRC de 1994⁹, recomienda que sea de 210 g de la etapa de iniciación al final de crecimiento. Siendo los pesos del experimento menores para esta etapa, comparados con los mencionados por el manual de la estirpe¹⁰ y del NRC 1994⁹. Esta información sugiere que para la etapa de 6 a 8 semanas, el nivel de lisina debe ser 10% mayor al informado por el NRC de 1994⁹

Los resultados de consumo de alimento para la etapa de crecimiento en la prueba variaron desde 579 g por el tratamiento con 0.90 % de lisina y de 638 g para el de 0.84% de inclusión. El análisis estadístico no mostró diferencia ($P>0.05$) en consumo de alimento. El manual de la estirpe¹⁰ recomienda que el ave tenga un consumo aproximado en esta etapa de 623 g y el NRC de 1994⁹ señala un consumo en la etapa de 710 g.

Los resultados de conversión alimenticia en la prueba para la octava semana de edad, indican unos valores desde 3.546 para el tratamiento de mayor nivel de lisina y de 4.592 para el tratamiento con el nivel mas bajo de inclusión de lisina. El nivel de lisina de 0.60% tuvo la conversión menos favorable ($P < 0.01$). El manual de la estirpe¹⁰ indica 3.27 y el NRC de 1994⁹ seria de 3.38, siendo estos valores inferiores a los obtenidos en la prueba.

Los resultados del peso promedio semanal en las pollitas, que se obtuvieron en los 56 días de experimentación se aprecian en el Cuadro 6. En la primera etapa del estudio (iniciación), los diferentes niveles de lisina en las pollitas Leghorn Hy Line W-36¹⁰ mostraron resultados similares. En las condiciones evaluadas, los pesos semanales de las aves durante la etapa de iniciación, estuvieron dentro de los pesos ideales señalados en el manual de la estirpe¹⁰, lo cual manifiesta que el porcentaje de lisina total en la etapa de iniciación recomendado por el NRC 1994⁹ de 0.85% es adecuada para el crecimiento de la pollita y que el manual de la estirpe Hy-Line¹⁰ da mucho margen en este aminoácido. Sin embargo, los pesos semanales a la 7^a y 8^a semanas muestran (Cuadro 6), que en la etapa de crecimiento el peso fue mayor (en el tratamiento 2), con un 10% más de la lisina a la recomendada por el NRC 1994⁹, pero el valor es menor a lo sugerido por el Manual de la estirpe¹⁰ de 0.90% de lisina (tratamiento 6).

Cuadro 6. Pesos semanales en gramos de pollitas Leghorn Hy Line W-36¹⁰ de 1 a 8 semanas de edad.

Semanas								
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8
1	61	109	172	247	326	411	491	547
2	62	110	175	249	327	415	489	572
3	61	109	176	253	327	401	496	576
4	61	107	173	247	326	411	496	578
5	61	107	173	250	331	413	495	566
6	62	113	178	252	334	415	505	577

8.0 CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos bajo las condiciones empleadas se puede inferir:

a) Que el nivel de 0.85 % de lisina total señalado por el NRC de 1994⁹ para pollitas de reemplazo Hy Line W-36¹⁰ de 0 a 6 semanas de edad (etapa de iniciación) es suficiente para un óptimo crecimiento, consumo de alimento e índice de conversión del ave.

b) Que se requiere de un 10 % más de inclusión de lisina total (0.66%), que lo señalado por el NRC de 1994⁹ (0.60%) en la dieta de pollitas Hy Line W-36¹⁰ durante la etapa de crecimiento (0 a 6 semanas de edad) para un óptimo crecimiento y conversión alimenticia.

9.0 REFERENCIAS

1. Unión Nacional de Avicultores. Compendio de Indicadores Económicos del Sector Avícola 2003-2004. Dirección de Estudios Económicos. Abril 2004, México D.F.
2. Ávila GE, Pro A.M. Nutrición del pollo de engorda. National Rrenders Associattion, Inc.1995.
3. Unión Nacional de Avicultores. Compendio de Indicadores Económicos del Sector Avícola 2002-2003. Dirección de Estudios Económicos Abril 2003, México D.F.
4. Ceniceros RMA. Situación actual de la avicultura mexicana. En: Castro MI, editor. EXAMEN GENERAL DE CALIDAD PROFESIONAL PARA MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA. Material de Estudio, Área: Aves. México: SUA UNAM, 1997:19-28.
5. Fernández, S.R., Aminoácidos digestibles en la formulación de dietas para el pollo de engorda. Memorias del XII Ciclo de Conferencias Internacionales sobre avicultura; 1996 noviembre 2-4; Guadalajara (Jalisco) México. México. (D.F.): Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, AC, 1996: 41-52.
6. Baker DH, Chung TK. Ideal protein for swine and poultry. Fermex technical review-4.1992;4.

7. Maynard AL, Loosli JK, Hintz FH y Warner GR. Nutrición Animal. 7ª ed México D.F. McGraw-Hill 1981.
8. Cuca GM, Ávila GE, Pro MA. Alimentación de las aves. 8ª ed México: Universidad Autónoma de Chapingo 1996.
9. National Research Council. Nutrient requirements of poultry. 9th rev. Ed. National Academy Press, Washington, DC. 1994.
10. Hy – Line VARIEDAD W – 36, Guía de Manejo 2000 – 2002, Publicación de HY-LINE INTERNACIONAL. Iowa, Estados Unidos. 2002.
11. Gonzalez AMJ, Dorfman JH, Pesti G. Maximizing profit in broiler production as prices change: A simple approximation with practical value. *Agribusiness*.1994;10:389-399.
12. Karplus M, Mc Cammon, J.A. The dynamics of proteins. *Sci Amer* 1986;254 (4):42-51. (Disponible como Sci. Amer. Separata 1569).
13. Aguilera JF, Boza J, Sanz MR, Molina E. Empleo de harinas de algodón y girasol en dietas para pollos. Suplementación con L-Lisina y DL-Metionina. *Arch Zoot* 1989; 38:1-9.
14. Mendoza TH. Evaluación de las dietas formuladas en base a aminoácidos digeribles y totales para pollos de engorda en iniciación (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo Méx.) México: Departamento de Zootecnia. UACH, 1996.
15. Austic RE, Nesheim M.C. Producción avícola. Ed. México D.F: El Manual Moderno 1994

16. Scoot ML, Nesheim MC, Young JR. Nutrition of Chicken. 3th ed. New York: Scott and Associates 1982.
17. Zorrilla FFJ. Diferentes niveles de lisina, energía y/o proteína en dietas para pollos de engorda (tesis de licenciatura). Montecillo (Edo Méx.) México: Colegio de Postgraduados, 1987.
18. Lesson S, Summers DJ. Commercial Poultry Nutrition. 2nd ed. Ontario Canada: Department of Animal and Poultry Science, University of Guelph 1997.
19. Antillón RA, López CC. Enfermedades nutricionales de las aves. México D.F. México: Sistema de Universidad Abierta, FMVZ-UNAM 1987
20. Ewing WR. Poultry Nutrition. 5th ed.. Pasadena, California: The Ray Ewing Company, Publisher. Division of Hoffman- La Roche Inc. 1963.
21. Ávila GE. Alimentación de las aves. México D.F: Trillas 1986.
22. Lehninger AL. Biochemistry. 2nd ed. New York: Worth Publishers 1981.
23. López CC. Los aminoácidos sintéticos. Temas de actualidad para la industria avícola. In: Balconi IR, editor. MIDIA Relaciones S.A. de C.V. México: 1998
24. Mariscal EG, Ávila GE, Tejada HI, Cuarón IJA, Vásquez PC. Contenido de aminoácidos totales y digestibles verdaderos para pollos de engorda y cerdos de los principales ingredientes utilizados en Latinoamérica. Recopilado. México DF. México (DF): Ed. INIFAP produce 1997.
25. Mariscal LG. Digestibilidad ileal, una herramienta para formular a proteína ideal. Memorias del IX Ciclo de Conferencias sobre aminoácidos sintéticos; 1997 septiembre; DF (México) México (DF): Fermex, 1997:47-58.

26. Baker DH. Ideal amino acid profiles for swine and poultry their application in feed formulation. Fermex technical review-9.1997;9.
27. Baker DH, Han Y. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. Poult Sci 1994;73:1441-1447.
28. Edmonds MS, Baker DH. Amino acids excess for young pigs: effects of excess methionine, tryptophan, threonine and leucine. J Anim Sci 1987;64:1664-1671.
29. Kerr BJ. Revisión crítica de las investigaciones sobre dietas bajas en proteína y suplementadas con aminoácidos cristalinos para pollos de engorda. Memorias del V Ciclo de Conferencias sobre Aminoácidos Sintéticos; 1993 septiembre 24. D.F; (México). México (DF): FERMEX, S.A. 1993: 38-85.
30. Waldroup WP, Jiang Q, Fritts AC. Increasing the level of dispensable and indispensable amino acids does not overcome the performance reduction in low crude protein diets. The Southern Poultry Science Society, 23rd Annual Meeting and The Southern Conference on Avian Diseases, 43rd Annual Meeting; 2002 January 14 and 15; Atlanta (Georgia) USA: The Southern Poultry Science Society, 2002: 4 (Abst.13).
31. Morales B E. Evaluación de aminoácidos digestibles en ingredientes y el comportamiento productivo de pollos de engorda y gallinas de postura en dietas en base a aminoácidos totales y aminoácidos digestibles mediante el concepto de proteína ideal (Tesis de doctorado). Colima (Colima) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Univ. Colima, 1999.

32. Ávila GE. Avances recientes sobre las necesidades de aminoácidos de los pollos de engorda. Memorias del IV Ciclo de Conferencias sobre Aminoácidos Sintéticos; 1992 septiembre 19. D.F. (México). México (DF): FERMEX, S.A. 1992: 13-19.
33. Peñalva GG. Proteína ideal-aplicación practica en aves. Memorias del XI Ciclo de Conferencias Sobre Aminoácidos Sintéticos; 1999 septiembre 22; México DF. México (DF): FERMEX, S. A., 1999:48-58.
34. Firman JD, Boling DS. Ideal protein in turkeys. Poultry Sci. 1998;77:105-110.
35. Jason LE, Baker DH. Use of the ideal protein concept for precision formulation. J. Appl. Poultry Res. 1998; 3:98-103.
36. Baker HD, Han YHS. Digestible amino acid requirements of broiler chickens during two growth periods. Poult Sci, 1993;72 (Suppl.1):55(Abstr).
37. Penz JAM. Actualidades en nutrición de aves. Memorias del X Ciclo de Conferencias Sobre Aminoácidos Sintéticos; 2000 septiembre 21; México DF. México (DF):FERMEX S.A., 2000: 58-90.
38. Rostagno SH, Albino TKL, Toledo SR, Vargas GJ. Actualización de los requerimientos nutricionales de las aves. Nutrición de aves y cerdos. Memorias del 1er Seminario Técnico. Ajinomoto Biolatina y Indukern;2002 febrero 21; México DF. México, (DF): Indukern S.A., 2002: 35-64.
39. Almquist HJ y Grau CR. The amino acids requirements of the chicks. J Nut 1944;28:325-331.
40. DEGUSSA, A.G. 1997: Aminodat V.11. Software. Frankfurt,Germany.1997.

41. Callejas LAM. Estimación de los niveles óptimos biológicos y económicos de lisina en dietas para pollo de engorda (tesis de licenciatura). Chapingo (Edo Méx.) México: Departamento de Zootecnia. UACH, 1996.
42. Han Y, Suzuki H, Parsons CM, Baker DH. Amino acid fortification of a low protein corn and soybean meal diet for chicks. *Poult Sci* 1992;73:1739-1745.
43. Cuarón I.J.A. Aminoácidos digestibles en la formulación de raciones para cerdos. Memorias del Seminario Internacional, Nutrición de no Rumiantes. Montecillo (Edo Méx.) México: Colegio de Postgraduados 1996;pp 49.
44. Izquierdo OA, Parsons CM, Baker DH. Bioavailability of lysine in L-lysine-HCL. *J.Anim Sci* 1988; 66:2590-2597.
45. Parsons CM. Amino acid digestibility in feedstuffs for poultry: Feedstuff evaluation and requirements. *BioKyowa technical review-1*.1991;1-15.
46. Han Y, Baker DH. Digestible lysine requirement of male and female broiler chicks during the period three to six weeks posthatching. *Poult Sci* 1994; 73:1739-1745.
47. Whitemore CT, Elsley FWH. Alimentación práctica del cerdo. Ed. Barcelona, España: Aedos, 1978.
48. Síntesis Avícola.1995. Octubre. México, D.F.
49. Kerr BJ. Métodos para reducir la excreción de nitrógeno al medio ambiente en animales monogástricos. Memorias del VII Congreso Nacional de AMENA; 1995 noviembre 2-4; Veracruz (Veracruz) México. México (DF): Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, AC, 1995:85-129.
50. ADM. La lisina en la nutrición avícola y porcina. 1992.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

51. Revington HW, Moran ET, Bilgili SF, Bushong RD. Lysine supplementation of low-protein diets for broiler breeder males. *Poult. Sci.* 1992;71:323-330.
52. Ávila GE, Cuca GM. Efecto de la suplementación de L-Lisina y DL-Metionina en dietas con triticale para pollos de engorda en iniciación. *Tec. Pec. en Méx.* 1971; Vol. 18:62-69.
53. Han Y, Baker DH. Effects of excess methionine or lysine for broilers feed a corn-soybean meal diet. *Poult. Sci.* 1993;72:1070-1074.
54. Waldroup PW, Mitchell RJ, Payne JR, Hazen R. Performance of chicks feed diets formulated to minimize excess levels of essential amino acids. *Poult. Sci.* 1976;55:243-253.
55. Boorman KN, Burgess AD. Responses to amino acids. *Poultry Science Symposium 19. Nutrient requirements of poultry and nutritional research Butterworths.* 1986:99-123.
56. D'Mello JPF, Lewis D. Amino acid interactions in chick nutrition interdependence in amino acid requirements. *Poult Sci* 1970;49:367-385.
57. Moore MK, Jakcwood MW, Hilt DA. Identification of amino acids involved in serotype and neutralization specific epitope within the S1 subunit of avian infectious bronchitis virus. *Arch Virol.*1997 (142):2249-2256.
58. Leonard RP, Speer VC. Threonine requirement for reproduction in swine. *J Anim Sci* 1983 (56): 1345-1348.
59. Muramatsu K, Takeuchi H, Sahurai K. The relationship between weight gain and free amino acid concentration of plasma and liver in rats feed a diet supplemented with various amount of lysine. *J Nutr* 1973:277-281.

60. Sohail MA, Cole DJA, Lewis D. Amino acid requirements of the lactating sow. *Brit. J. Nutr* 1978;40:369-373.
61. Edwards HMJr, Norris LC, Heuser GF. Studies on the lysine requirement of chicks. *Poult Sci* 1956;35:385.
62. Chung E, Griminger P, Fisher H. The lysine and sulfur amino acid requirements at two stages of growth in chicks. *J Nutr* 1973; 103:117.
63. Keshavarz. K. The effect of different dietary protein levels in the rearing and laying periods on performance of White Leghorn chickens. *Poult Sci* 1984; 63:2229.
64. Griminger P, Scanes CG. Protein metabolism. In: Sturke editor. *Avian Physiology* 1986:326-344.
65. Okazaki Y, Totsuka K, Fukazawa A, Watanabe E, Toyomizu M, Ishibashi T. Relationship of oviposition, feed consumption and body weight to plasma amino acid concentration of laying hens. *Anim Sci Technol (Jpn)* 1993; 64:364-370.
66. Lewandowshi AH, Campbell WT, Harrison GJ. Clinical Chemistries. In: Harrison GJ, Harrison LR, Donna W, editors. Philadelphia: Clinical avian medicine and surgery, 1986:192-204.
67. Kidd MT, Kerr BJ. L-threonine for poultry: a review. *J.Appl. Poultry Res.* 1996 (5): 358-367.
68. Davis AJ, Austic RE. Dietary threonine imbalance alters threonine dehydrogenase activity in isolated hepatic mitochondria of chicks and rats. *J. Nutr* 1994;124:1667-1677.

69. Balleve O, Cadenhead A, Calder AG, Ress WD, Lobley GE, Fuller MF, Garlick PJ. Quantitative partition of threonine oxidation in pigs: effect of dietary threonine. *Am J. Physiol* 1990; 259: E483-E491.
70. Summers DJ. Reducing nitrogen excretion of the laying hen by feeding lower crude protein diets. *Poult Sci* 1993; 72:1473-1478.
71. Schutte JB, Jung DE. Requirement of the laying hen for sulfur amino acids. *Poult Sci* 1994;73:274-280.
72. Schutte JB. Controlling nitrogen pollution practical applications of free amino acids in poultry diets. *Feed Mix* 1994;2(4):28-31.
73. Schutte JB, Van Der Klis JD. Veevoedkundige mogelijk-heden om de stikstof- en fosforuitscheiding bij pluimvee te reduceren. In: *Naar veehoudenij en milieu in balans 10 jaar foma onderzoek*. Ede, 4. Oktober;NL. 1994.
74. Cámara Nacional de la Industria de la Transformación. La industria alimenticia animal en México. Sección de fabricantes de alimentos balanceados para animales. México (DF): CANACINTRA 1998-1999 Anuario.
75. García M, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para a daptarlo a l as c ondiciones particulares de l a R epública Mexicana. México D.F: Talleres FOCET Larios 1988.