

11621
87



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

NECESIDADES DE TRIPTOFANO EN GALLINAS LEGHORN
PRODUCTORAS DE HUEVO Y REPRODUCTORAS LIGERAS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

JESUS MANUEL ROSAS MIRANDA

ASESORES: M.V.Z. M.C. BENJAMIN FUENTE MARTINEZ
M.V.Z. MSc. ERNESTO AVILA GONZALEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO,

2003.

A

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



FACULTAD NACIONAL
DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Necesidades de triptofano en gallinas Leghorn productoras de huevo y reproductoras ligeras

que presenta el pasante: Jesús Manuel Rosas Miranda
con número de cuenta: 8730533-3 para obtener el título de :
Médico Veterinario Zootecnista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de septiembre de 2003

PRESIDENTE	<u>Dr. Ariel Ortiz Muñiz</u>	
VOCAL	<u>M.C. Ernesto Avila González</u>	
SECRETARIO	<u>M.V.Z. Jesús Guevara Vivero</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>M.V.Z. Jorge Luis Rico Pérez</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>M.V.Z. Yolanda del S.C. Pérez Ruiz</u>	

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

B

*Dedico este trabajo a mi familia por su apoyo y cariño.
Gracias.*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

C

AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por mi formación profesional.

A mis maestros de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Al CEIIPA por permitirme realizar mi trabajo de tesis en sus instalaciones.

Agradecimiento especial a mis asesores de tesis por su apoyo y estímulo.

A la doctora Krimilda Valle Valenzuela por proporcionarnos el triptofano para realizar el experimento.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

0

índice.	Pagina
Lista de cuadros y figuras.	1
Resumen.....	1
1. Introducción.....	2
1.1. Situación actual de la avicultura en México.....	4
1.2. Definición de aminoácidos.....	5
1.3. Clasificación de los aminoácidos.....	6
1.4. Fuente de aminoácidos.....	10
1.5. Características del triptofano.....	13
1.6. Metabolismo del triptofano.....	14
1.7. La serotonina y la melatonina son derivados del triptofano.....	15
1.8. Requerimientos nutricionales de triptofano.....	16
1.9. Efectos de la suplementación con triptofano.....	18
2.0 Justificación.....	20
3.0 Hipótesis.....	20
4. Objetivo general.....	21
4.1 Objetivos particulares.....	21
5.0 Material y métodos.....	22
6.0 Resultados y discusión.....	26
7.0 Conclusiones.....	31
8.0. Literatura citada.....	32

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Lista de cuadros y figuras.

Página

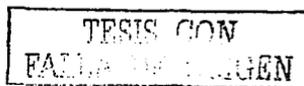
Cuadro 1. Clasificación nutricional de los aminoácidos.....	7
Cuadro 2. Propiedades de los aminoácidos.....	9
Cuadro 3. Composición de la dieta basal.....	22
Cuadro 4. Resultados promedio en gallinas reproductoras en 28 días de experimentación con diferentes niveles de triptofano. (Experimento 1).....	25
Cuadro 5. Resultados promedio en 21 días de incubación con diferentes niveles de triptofano. (Experimento 1).....	26
Cuadro 6. Resultados promedio en 56 días de experimentación con diferentes niveles de triptofano en los parámetros productivos. (Experimento 2).....	27
Figura. 1. Estructura molecular general de los aminoácidos.....	5
Figura. 2. Estructura química del triptofano.....	12

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

Rosas Miranda Jesús Manuel. NECESIDADES DE TRIPTOFANO EN GALLINAS LEGHORN PRODUCTORAS DE HUEVO Y REPRODUCTORAS LIGERAS. (Bajo la dirección de MC. Benjamin Fuente Martínez y MSc. Ernesto Ávila González).

Dos experimentos fueron realizados para determinar las necesidades de triptofano en gallinas Leghorn productoras de huevo y reproductoras ligeras con una dieta a base de sorgo+gluten de maíz y pasta de soya. La dieta testigo basal contenía 15.0 % de proteína cruda, 2880 Kcal de EM/Kg y 0.17% de triptofano. El triptofano sintético fue adicionado en la dieta con triptofano al 98% para obtener otras dos dietas con 0.22 y 0.24% de triptofano respectivamente. Los grupos experimentales fueron divididos de la siguiente manera: Tratamiento 1 - dieta con 0.17% de triptofano; Tratamiento 2 - dieta con 0.22% de triptofano y Tratamiento 3 - dieta con 0.24% de triptofano. El alimento y el agua se proporcionaron *ad libitum*. En el primer experimento con reproductoras se emplearon 542 gallinas reproductoras ligeras (494 hembras y 48 machos), de la línea Hy-line W36 de 26 semanas de edad, las cuales se dividieron en tres lotes y a cada uno se le asignó un tratamiento con distintos niveles de triptofano. Durante las cuatro semanas que duró el experimento se evaluó: Porcentaje de postura, peso promedio de huevo, masa del huevo, consumo diario de alimento, índice de conversión. Después del mes de experimentación, se incubaron 900 huevos, 300 de cada tratamiento con tres réplicas de 100 cada una. La incubación se llevó a cabo por 21 días con una temperatura de 37.7 °C y un porcentaje de humedad relativa del 60 %; al cabo de los cuales se determinó: Porcentaje de fertilidad, porcentaje de incubación y porcentaje de mortalidad embrionaria. En el segundo experimento con gallinas en postura, se utilizaron 180 gallinas ponedoras comerciales de la línea Isa Babcock de 25 semanas de edad, las cuales fueron distribuidas utilizando un diseño completamente al azar en 3 tratamientos con 5 réplicas de 12 aves cada una alojadas en jaula. El experimento se llevó a cabo durante ocho semanas y las variables a evaluar fueron: Porcentaje de postura, peso promedio de huevo, masa del huevo, consumo diario de alimento e índice de conversión. Los resultados obtenidos en 28 días del primer experimento para consumo de alimento y conversión alimenticia se observaron similares entre tratamientos; sin embargo, se observó una mejora en postura, peso promedio de huevo y masa de huevo ave/día, con el nivel de 0.22% de triptofano que representó un consumo de 210mg de triptofano por ave por día. En cuanto a los resultados obtenidos en la incubación, no hubo diferencia significativa en los resultados promedio de los parámetros reproductivos de los tres tratamientos. Para los resultados promedio obtenidos en 56 días del segundo experimento, se observó que los mejores resultados en postura, peso promedio de huevo y masa de huevo ave/día, se obtuvieron con el nivel de 0.22% de triptofano ($p < 0.07$) que representó un consumo de 210mg de triptofano por ave por día. Los resultados obtenidos en estos experimentos, sugieren que la gallina productora de huevo para consumo en la actualidad requiere de 0.22% de triptofano ó 210 mg/ave/día para una máxima producción.



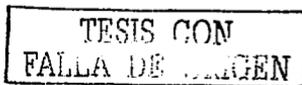
1. INTRODUCCIÓN.

La industria avícola mexicana tiene gran importancia en la producción nacional de alimentos de origen animal, ya que contribuye con más de la mitad de la producción pecuaria, siendo los productos avícolas los que más se consumen en el país por su bajo costo; además, de ser una fuente importante de empleo para miles de mexicanos.⁴

Esto se debe al crecimiento de las grandes empresas avícolas y al uso de tecnología. Sin embargo ante la inminente apertura comercial, la avicultura nacional necesita mejorar sus parámetros productivos para lograr competir con las grandes empresas internacionales.⁴

Hay que tomar en cuenta que en una explotación avícola el alimento es el más importante desde el punto de vista económico, ya que representa aproximadamente del 60 al 70% de los costos de producción, es decir, de todos los insumos requeridos para la producción de huevo el alimento es el más caro.²⁷

Por otro lado no todos los componentes del alimento tienen el mismo costo, ya que cuando se formula un alimento balanceado, los ingredientes que entran en una mayor proporción son los ingredientes energéticos y los ingredientes proteicos que son los más caros se incluyen en una menor proporción. Tomando en



consideración lo anterior, el componente más caro es la energía, ya que se incluye en una mayor proporción a la del resto de los nutrientes seguido por la proteína.²⁷

Dentro de la alimentación animal la proteína aporta los aminoácidos necesarios para la formación de tejidos, hormonas y enzimas. Aunque en la composición de las proteínas entran alrededor de veinte aminoácidos, las aves sólo requieren necesariamente 12 de ellos, llamados por esta razón esenciales, y son: lisina, metionina, cistina, treonina, triptofano, leucina, isoleucina, arginina, histidina, valina, fenilalanina y tirosina. La glicina es importante en las aves, porque sirve para la síntesis de ácido úrico principal metabolito para excretar los compuestos nitrogenados del catabolismo. La glicina se forma a partir de serina y viceversa, por lo que ambos aminoácidos no son tan críticos y junto con el resto de los aminoácidos son llamados no esenciales porque el organismo los puede sintetizar.²⁷

Es generalmente aceptado que en dietas de maíz + soya, el triptofano es el tercer aminoácido limitante para gallinas de postura. Muchas dietas comerciales son calculadas en base a un aminoácido básico en vez de una proteína básica. Por esto es importante tener un valor preciso de los requerimientos de aminoácidos para usarlos en la formulación de dietas.²⁸

Pocas investigaciones han sido realizadas sobre los requerimientos de triptofano (Trp) en gallina de postura y la literatura reporta grandes diferencias.

1.1. Situación actual de la Avicultura en México.

La importancia del sector avícola radica en el papel estratégico que juega en la alimentación del mexicano, 6 de cada 10 personas (60.2%) incluyen en su dieta productos avícolas (huevo y pollo). Existen diversas causas que favorecen el consumo de productos avícolas en nuestro país, lo que ha colocado a la carne de pollo como la carne mayor consumida por los mexicanos, hoy en día entre las principales están: Confianza en la calidad de los productos (frescura), tendencia de consumo hacia carnes con bajo contenido de grasa y una fuente de proteína de alta calidad a precios accesibles. ¹³

México durante el año 2002, se ubicó en el sexto lugar dentro de los países productores de huevo y el cuarto lugar en producción de pollo; teniendo un consumo per capita de carne de pollo de 20.6 kg/habitante/año y 20.2 kg/habitante/año de huevo colocándose como primer consumidor de huevo del mundo a la par de Japón y séptimo en el consumo de pollo. ¹³

La producción de pollo y huevo durante el año 2002 fue de 2.0 millones de ton para cada producto, teniendo una participación porcentual en la producción pecuaria nacional de mas del 60% y una participación en el PIB total de 0.508%. ¹³

4

TESIS CON
FOLIO DE ORIGEN

1.2. Definición de aminoácidos.

Los aminoácidos son desde el punto de vista estructural, los elementos químicos que constituyen a las proteínas, son sustancias que tienen como característica general el hecho de poseer un carboxilo libre y un grupo amino situado en el carbón alfa con respecto al carboxilo. En todos los aminoácidos alfa, el grupo amino alfa es un grupo primario, es decir que no tiene sustituyentes. Los aminoácidos difieren entre sí por las características del resto de su molécula o cadena lateral R (Fig. 1).²⁶

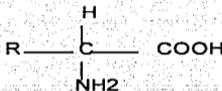


Fig. 1. Estructura molecular general de los aminoácidos.

Las propiedades de cada aminoácido dependen tanto de su grupo carboxilo como de su grupo amino alfa y de su cadena lateral R. Pero en la polimerización de los aminoácidos para formar las proteínas se lleva a cabo por la reacción del grupo carboxilo alfa de un aminoácido, con el grupo amino alfa del otro. Así pues, en una proteína, las cadenas laterales de los aminoácidos que la constituyen, son las que influyen de manera directa en las propiedades de cada zona a lo largo de la cadena polipeptídica. Una de las propiedades más importantes de las cadenas

laterales de los aminoácidos es su capacidad de interacción con los solventes acuosos, es decir, su grado de polaridad o no-polaridad. ²⁶

1.3. Clasificación de los aminoácidos.

En la clasificación de los aminoácidos se toman en cuenta diferentes criterios para realizarla y a continuación se mencionan algunos de ellos:

Desde el punto de vista nutricional (Cuadro 1), los aminoácidos están clasificados como esenciales y no-esenciales. Los aminoácidos que pueden ser sintetizados por el ave son considerados no-esenciales. Los aminoácidos esenciales son aquellos que deben de ser suministrados a las dietas ya que estos no pueden ser sintetizados por el animal. En las aves los aminoácidos limitantes comúnmente suplementados a las dietas son: metionina y lisina —principalmente— y treonina y triptofano en menor proporción. ⁵

Los aminoácidos esenciales y no esenciales involucrados en la síntesis de proteína se muestran en el Cuadro 1. ¹⁷

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 1. Clasificación nutricional de los aminoácidos

No sintetizados en gallinas (Esenciales)	Sintetizados de sustratos limitados *	Fácilmente sintetizados en gallinas de sustratos simples (No esenciales)
Arginina Lisina Histidina Leucina Isoleucina Valina Metionina Treonina Triptofano Fenilalanina	Tirosina Cistina Hidroxilisina	Alanina Ácido aspártico Asparagina Ácido glutámico Glutamina Hidroxiprolina Glicina** Serina** Prolina***
<p>* La tirosina es sintetizada de fenilalanina, cistina de metionina, hidroxilisina de lisina.</p> <p>** Bajo algunas condiciones la síntesis de glicina o serina no es suficiente para un rápido crecimiento; cualquiera de los dos podría ser necesario para ser suministrado en la dieta.</p> <p>*** Cuando en la composición de la dieta son usados aminoácidos cristalinos, la prolina podría ser necesaria para alcanzar un máximo crecimiento.</p>		

Los aminoácidos esenciales pueden ser clasificados dentro de una de tres categorías, dependiendo de la habilidad de las aves para realizar una síntesis limitada o no.¹⁷

- a) La lisina y treonina no tienen precursores intermediarios, y de esta manera el 100% de las necesidades deben ser suministradas por la dieta.
- b) Leucina, isoleucina y valina pueden ser sintetizados por metabolitos intermediarios. Sin embargo, la producción es muy limitada y podría abastecer del 2 – 5% del requerimiento.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

c) La arginina e histidina pueden además ser sintetizadas de intermediarios durante el metabolismo general. Nuevamente la síntesis podría ser limitada aunque bajo circunstancias inusuales podría producir 5-8% del requerimiento.

Los aminoácidos semi-esenciales pueden ser sintetizados de otros aminoácidos esenciales. La cistina es derivada de la metionina y tirosina es producida a partir de la fenilalanina. La metionina es convertida en adenosil metionina, después a homocisteina y eventualmente en cistina. La tirosina puede ser sintetizada directamente de la hidroxilación de fenilalanina.¹⁷

Los aminoácidos no esenciales encontrados en los tejidos y alimentos para animales son glicina, serina, alanina, ácido glutámico y ácido aspártico. La glicina es sintetizada de serina, y no se adiciona normalmente en la dieta, usualmente se provee la glicina adecuada para el metabolismo. Sin embargo como la glicina juega un papel importante en la síntesis de ácido úrico, se adiciona en la dieta con glicina bajo algunas situaciones atípicas de alimentación ya que la síntesis de ácido úrico requiere altas cantidades de glicina en las gallinas.¹⁷

La clasificación química de los aminoácidos esta basada sobre la naturaleza del radical (R) llamado cadena lateral, la cual sujeta un átomo de carbón en la posición alfa.¹⁶

Lo anterior hace posible clasificar a los aminoácidos según su polaridad y/o carga a pH neutro, el tipo de estructura química, su reactividad y por su habilidad

para formar enlaces de hidrógeno. ²⁶ En el Cuadro 2. se muestran los aminoácidos y sus propiedades. ¹⁶

Cuadro 2. Propiedades de los aminoácidos.

Nombre	Carácter de la cadena lateral	Grupo reactivo	Polaridad	Forma puentes de H
Glicina	Alifática	-	Apolar	No
Alanina	Alifática	-	Apolar	No
Valina	Alifática	-	Apolar	No
Leucina	Alifática	-	Apolar	No
Isoleucina	Alifática	-	Apolar	No
Prolina	Alifática	-	Apolar	No
Fenilalanina	Aromática	-	Apolar	No
Triptofano	Heterociclo Aromático	Nitrógeno Aromático	Apolar	Acepta
Tirosina	Aromática	-OH Fenólico	Apolar Ionizable	Acepta Y Dona
Metionina	Alifática	Tioeter	Apolar	Acepta
Cistina	Alifática	Tilo	Polar Ionizable	Acepta Y Dona
Serina	Alifática	Alcohol Primario	Polar Sin Carga	Acepta Y Dona
Treonina	Alifática	Alcohol Secundario	Polar Sin Carga	Acepta Y Dona
Asparagina	Alifática	Amida	Polar Sin Carga	Acepta Y Dona
Glutamina	Alifática	Amida	Polar Sin Carga	Acepta Y Dona
Aspártico	Alifática	Ácido Carboxílico	Polar Ionizable	Acepta Y Dona
Glutámico	Alifática	Ácido Carboxílico	Polar Ionizable	Acepta Y Dona
Histidina	Heterociclo Alifático	Imidazol	Polar Ionizable	Acepta Y Dona
Lisina	Alifática	Amino	Polar Ionizable	Acepta Y Dona
Arginina	Alifática	Guanidio	Polar Ionizable	Acepta Y Dona

1.4. Fuente de aminoácidos.

Las plantas son la fuente inicial de todas las proteínas. Cada porción de la planta contiene proteínas específicas. Las plantas verdes sintetizan las proteínas (aminoácidos), utilizando el esqueleto de carbón derivado de la fotosíntesis e incorporando el grupo amino de amonio inorgánico o sales de nitrato en el agua suministrada a la planta. ¹⁷

Las plantas sintetizan diferentes clases de proteínas y almacenan varias cantidades en diferentes partes de la planta. Algunas plantas sintetizan más proteínas que otras, frecuentemente en asociación con lípidos. Las semillas dicotiledóneas son una fuente más rica de proteínas que las semillas de cereales. Por ejemplo, el peso seco de la semilla de soya contiene aproximadamente 43% de proteína mientras que el peso seco de la semilla de maíz contiene sólo cerca de 9%. Dentro de la porción verde de las plantas, las jóvenes, presentan grasas y permiten contener más proteína (alrededor de 20-25% del peso seco) comparado con el tallo de las plantas viejas, las cuales son altas en celulosa y muy bajas en proteína total y en proteína digestible. ¹⁷

Algunas proteínas simples son buenas fuentes de todos los aminoácidos esenciales, mientras que otras son muy deficientes o carecen de uno o más

aminoácidos esenciales. El valor biológico de la proteína, es alto si contiene todos los aminoácidos esenciales en la adecuada proporción para las aves. ¹⁷

El valor biológico del maíz puede ser mejorado cambiando los niveles relativos de varias proteínas dentro de la semilla de maíz. Un maíz híbrido normal, por ejemplo, es poseedor de un bajo contenido de proteína, y tiene un pobre valor biológico para animales porque es deficiente en varios aminoácidos esenciales, particularmente lisina. La deficiencia de lisina del maíz híbrido normal es debida a un alto contenido de la proteína zeína, la cual es muy baja en lisina y triptofano. A través de selección genética, se ha intentado aislar una variedad de maíz que contenga una baja cantidad de zeína y un alto porcentaje de glutelina. La glutelina es mas alta en lisina y triptofano que la zeína, resultando el maíz Opaco-2 que tiene un mayor valor biológico para los pollos y otros animales porque contiene lisina y otros aminoácidos esenciales en cantidades apropiadas para proporcionar los requerimientos de las aves. ¹⁸

No todas las proteínas en las plantas son benéficas para los animales. Por ejemplo, la soya, la cual es la fuente más importante de proteína usada en la alimentación animal en el mundo tiene cierta desventaja. Tiene una alta cantidad de proteína, la cual tiene un excelente balance de aminoácidos excepto por una deficiencia de metionina; la soya además contiene varios factores que son detrimentales para las gallinas. Estas inhiben el crecimiento, interfieren con la enzima tripsina en la digestión de proteínas en el tracto gastro intestinal de las

aves, causando una hipertrofia del páncreas e interfiriendo con la absorción de la grasa en las gallinas jóvenes. Afortunadamente, estas proteínas son destruidas cuando la soya es tratada con calor.¹⁹

1.5. Características del triptofano.

El triptofano fue aislado en 1902 por Hopking de un hidrolizado de caseína obtenido con enzimas del páncreas. Las proteínas animales lo contienen en cantidades pequeñas, siendo todavía menor en las proteínas de cereales. En la hidrólisis ácida de las proteínas se destruye, totalmente.⁹

Desde el punto de vista biológico el triptofano es un aminoácido esencial importante, sobre todo como precursor del NAD (nicotin adenin dinucleotido).⁷

El triptofano es un aminoácido con cadenas laterales no polares o hidrófobo por lo que es poco soluble en agua. Su masa molecular es de 204.2 y su fórmula molecular es C₁₁H₁₂N₂O₂ (Fig. 2)¹

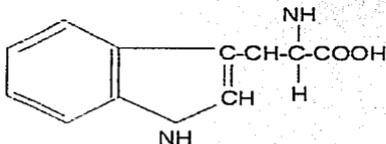


Figura. 2. Estructura química del triptofano.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

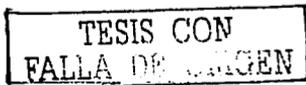
1.6. Metabolismo del triptofano.

El triptofano se transforma mediante muchas rutas, de las cuales dos son las más importantes; la ruta catabólica principal, que transcurre a través de la quinurenina hasta la glutaril-CoA y la síntesis de nucleótidos de nicotinamina mediante una ramificación de esta ruta catabólica principal.²⁰

La primera reacción de la degradación del triptofano la cataliza la triptofano oxigenasa. Una proteína con hierro cuya concentración se controla mediante dos mecanismos: 1) la inducción por determinadas hormonas, y 2) la estabilización in vivo por su sustrato; el triptofano, que aumenta las concentraciones de la enzima al proteger a la proteína frente a la degradación intracelular.²⁰

El NAD puede sintetizarse a partir del triptofano o bien a partir de la vitamina niacina. En ambas rutas, la última reacción está catalizada por una aminotransferasa que requiere glutamina. Ambas rutas contribuyen de manera significativa a la biosíntesis de NAD como puede inferirse de los estudios realizados sobre la pelagra, enfermedad producida por el déficit de niacina.²⁰

Cuantitativamente, la vía más importante para el metabolismo de triptofano, después de la síntesis de proteína, es la vía quinurénica (vía triptofano 2, 3-dioxigenasa) la cual es responsable de más de 90% del catabolismo del triptofano. Los metabolitos de esta vía incluyen: El ribonucleótido del ácido nicotínico (en



donde 60 mg de triptofano son equivalentes a un miligramo de ácido nicotínico, ácido picolínico, triptamina, ácido antranílico, ácido quinurémico y acetyl-CoA. El triptofano que se origina de la proteína del alimento y de fuentes endógenas es degradado a indol escatol, indolacetato, indolpiruvato e indican cuando se sujetan a una degradación microbiana en el intestino grueso. ¹⁸

1.7. La serotonina y la melatonina son derivados del triptofano.

Solamente una pequeña proporción del triptofano sirve como precursor para la síntesis de serotonina, produciendo el cerebro solamente del 1 al 2% del total de la serotonina corporal. La serotonina es producida por la hidroxilación del triptofano (hidroxilasa triptofano) en la posición 5 del anillo indol resultando en la formación de 5 hidroxitriptofano (5-HTP), el cual entonces es convertido por una descarboxilación a 5 hidroxitriptamina (5-HT o serotonina). La síntesis de serotonina (un inhibidor neurotransmisor), se lleva a cabo en los nervios serotogénicos, células enterocromafínicas, trombocitos y mastocitos; y es ampliamente distribuida en el hipotálamo. Debido a que la serotonina es incapaz de pasar la barrera sangre-cerebro, el tratamiento con precursores de 5-HT, 5 hidroxitriptofano o triptofano, incrementa los estados de deficiencia de serotonina cerebral. La serotonina puede ser entonces metabolizada en la glándula pineal a melatonina. La cual es de importancia para el control del ritmo día-noche. Además de servir como un colector intracelular de los radicales hidroxilo y radicales peróxidos. La serotonina también puede ser metabolizada a 5-hidroxi-indol ácido

acético (5-HIAA) por la enzima monoamino oxidasa de manera que puede ser eliminada en la orina. Sin embargo, normalmente solo el 1% del triptofano ingerido es excretado por esta vía. ²²

En la glándula pineal la serotonina se convierte en melatonina. La melatonina es una molécula que induce el sueño, es la N-acetil-metoxitriptamina. La acetiltransferasa necesaria para su síntesis se encuentra en la hipófisis y en la retina. La melatonina esta implicada en la regulación del ritmo circadiano, siendo sintetizada en su mayor parte en la noche. Parece que su función es la de inhibir la síntesis y secreción de otros neurotransmisores como la dopamina y el GABA (ácido gamma amino butírico). ⁸

1.8. Requerimientos nutricionales de triptofano.

Pocas investigaciones han sido realizadas sobre los requerimientos de triptofano en gallina de postura y la literatura reporta grandes diferencias.

Bray reportó que el requerimiento de triptofano es de 117 mg por ave por día en una parvada con un peso medio de 1.99kg y con un peso máximo de huevo de 46g por ave por día. ³

Wethli y Morris realizaron varios estudios sobre efectos de la edad sobre los requerimientos de triptofano en gallinas de postura. Estimaron consumos de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

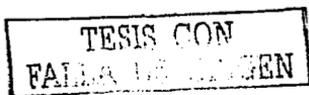
triptofano en un rango de 179 a 184 mg/ave/día. Ellos concluyeron que los requerimientos de triptofano por día, no decrecen durante el primer año de postura, a pesar de una disminución en la tasa de postura. ²⁹

Othani et al. usaron una dieta base conteniendo 0.15% de triptofano con gallinas Rhode Island Red x White Leghorn. Adicionando esta dieta con 250 ó 500 mg de triptofano/kg incremento significativamente la producción de huevo y la utilización del alimento cuando las gallinas tenían de 53 a 82 semanas de edad. Sin embargo, no se obtuvo respuesta cuando las gallinas tenían de 25 a 42 semanas de edad. Se encontró un incremento significativo en la producción de huevo cuando aumentaron el consumo de triptofano de 173 a 239 mg por gallina por día. ²⁵

Jensen et al. realizaron cuatro experimentos usando aves de diferentes edades con varias tasas de producción de huevo. Sus resultados indican unos requerimientos de triptofano de 168 mg /ave/día en el pico de producción y 124 mg/ave/día después de la semana 50 de edad. ¹²

El NRC sugiere un requerimiento de 160 mg por gallina por día para gallina de postura comercial. ²³

Russell y Harms usaron una dieta de maíz + soya conteniendo 2% de gelatina. La dieta deficiente en triptofano contenía 13.19% de proteína cruda y



0.11% de triptofano. Triptofano sintético fue añadido a la dieta deficiente en incrementos de 0.02% para hacer otras 6 dietas. La producción de huevo, masa de huevo, y contenido de huevo fueron incrementados significativamente por la adición del suplemento de triptofano. Indicaron un requerimiento de triptofano para porcentaje de postura y contenido de huevo en este experimento de 136.0 y 136.5/mg/ave/día respectivamente. Estas gallinas produjeron 43.5 g de contenido de huevo resultando en requerimiento de triptofano de 3.14 mg/g de contenido de huevo.²⁸

Recientemente Harms y Russell realizaron un experimento con gallinas Hy line para evaluar los requerimientos de trp en una dieta de maíz + soya con diferentes niveles de triptofano (0.12, 0.13, 0.14, 0.15, 0.16, 0.17, y 0.18%) adicionada con aminoácidos sintéticos para asegurar que el triptofano fuera el primer aminoácido limitante. Obtuvieron un incremento significativo en la producción de huevo, peso del huevo y contenido de huevo por la adición de triptofano en la dieta basal e indicaron un requerimiento de triptofano para porcentaje de postura y contenido de huevo de 139.8 y 149.0 mg/ave/día respectivamente cuando las gallinas producían diariamente 45.4 g /ave/día de contenido de huevo.¹⁰

1.9. Efectos de la suplementación con triptofano.

Cuando se realiza la práctica de adición con triptofano en gallinas, se afectan diferentes aspectos como son: consumo de alimento, ganancia de peso, metabolismo de los lípidos y producción de huevo.

La administración oral de triptofano en el agua de bebida produce una disminución en la temperatura corporal y disminuye el consumo de alimento en las aves domésticas.¹⁴ Así mismo se obtuvo una disminución en el consumo de alimento inyectando triptofano en pollos de engorda por vía intraperitoneal.¹⁵

Se menciona que la deficiencia de triptofano en pollos resultó, en un incremento en las concentraciones de la hormona del crecimiento y triyodotironina en el plasma. Se ha mostrado que la ruta oxidativa del metabolismo del triptofano es inhibida por estrógeno en ratas. Esto ha sido sugerido que el decremento en la producción de huevo y la calidad del cascarón observado en el último año de postura de las gallinas puede estar relacionado con el incremento de la concentración de estrógeno en el plasma.²

Una mejor producción de huevo se obtiene en el último período de postura, cuando se adiciona con triptofano en la dieta.²⁵

Se ha publicado que la grasa y hemorragias hepáticas fueron reducidas por la suplementación de triptofano. Sin embargo, otros señalan que la acumulación de lípido hepático no decrece por la suplementación de triptofano.¹²

2.0 JUSTIFICACIÓN.

En base a los antecedentes señalados y por la poca investigación en cuanto a los efectos y requerimientos de triptofano en la dieta de gallinas ponedoras y reproductoras, se realizó el presente trabajo.

3.0 HIPÓTESIS.

La adición de triptofano en dietas de gallina de postura y gallina reproductora ligera en producción, mejora sus parámetros productivos y el porcentaje de incubación del huevo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar los parámetros productivos y reproductivos de la gallina en postura y gallinas reproductoras ligeras, alimentadas con dietas a base de sorgo + gluten de maíz y pasta de soya con tres niveles de triptofano (0.17%, 0.22% y 0.24%).

4.1 OBJETIVOS PARTICULARES.

- Determinar el porcentaje de incubación del huevo, en gallinas reproductoras ligeras alimentadas con tres niveles de triptofano.
- Medir el porcentaje de fertilidad y mortalidad embrionaria, en gallina reproductora ligera alimentadas con tres niveles de triptofano.
- Medir los parámetros productivos en la gallina reproductora ligera (postura, consumo de alimento, masa de huevo, peso promedio del huevo, conversión alimenticia), al ser alimentadas con dietas sorgo + gluten de maíz y pasta de soya con tres niveles de triptofano.
- Evaluar los parámetros productivos (postura, consumo de alimento, masa de huevo, peso promedio del huevo, conversión alimenticia), en gallina de postura comerciales al adicionar tres diferentes niveles de triptofano en dietas sorgo + gluten de maíz y pasta de soya.

5.0 MATERIAL Y MÉTODOS.

Los experimentos se realizaron en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.A) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, que se encuentra ubicada en Santiago Zapotitlán, delegación Tláhuac, Distrito Federal, a una altitud de 2,250 m.s.n.m., entre los paralelos 19° y 17' de latitud norte y los meridianos 99° 00' 30" longitud oeste, bajo condiciones de clima templado subhúmedo, y bajo grado de humedad C (wo)(w), con una precipitación pluvial media anual de 747 mm. El mes más frío es enero y mayo el más caluroso. La temperatura media anual es de 16 °C. ¹¹

Se realizaron dos experimentos con gallinas ponedoras comerciales: uno con gallinas Leghorn ponedoras y otro con gallinas Leghorn reproductoras; los dos grupos se alimentaron con una dieta testigo basal (Cuadro 3), a base de sorgo + gluten de maíz y pasta soya conteniendo 15.0 % de proteína cruda, 2880 Kcal / Kg de EM y 0.17% de triptofano (determinado en el laboratorio).

El triptofano sintético fue suplementado en la dieta basal con triptofano al 98% para obtener otras dos dietas con 0.22 y 0.24% de triptofano respectivamente. Los grupos experimentales fueron divididos al azar de la siguiente manera:

- Tratamiento 1 Dieta con 0.17% de triptofano
- Tratamiento 2 Dieta con 0.22% de triptofano
- Tratamiento 3 Dieta con 0.24% de triptofano

El alimento y el agua se proporcionaron *ad libitum* a las aves.

Cuadro 3. Composición de la dieta basal.

Ingredientes	Peso (kg)
Sorgo (9%)	680.05
Pasta de soya (48%)	81.82
Gluten de maíz (60%)	80.00
Maíz amarillo	32.90
Carbonato de calcio	91.75
Fosfato de calcio	16.09
Aceite	5.00
Sal	3.87
L-Lisina HCl	3.70
Vitaminas *	0.25
Avelut	1.00
DL-Metionina	0.79
L-Treonina	0.59
Avired	0.50
Minerales *	0.50
Cloruro de colina 60%	0.50
Bacitracina Zinc	0.10
Antioxidante	0.10
Coccidiostato**	0.50
Total	1000.00

Análisis calculado.

Nutriente		Nutriente	
E. M. aves Kcal/kg	2.884	Proteína cruda (%)	15.00
Metionina (%)	0.373	Met+cistina (%)	0.638
Calcio total (%)	3.700	Fósforo (disponible)	0.380
Sodio(%)	0.160	Lisina (%)	0.761
Lisina digestible (%)	0.690	Treonina(%)	0.587
Triptofano (%)	0.170	Treonina digestible (%)	0.464
		Met+cist disponible (%)	0.530

* Premezclas de vitaminas y minerales por Kg: Vitamina A 48MUI, Vitamina D3 8.0 MUI, Vitamina E 100g, Vitamina K3 10 g, Tiamina 8 g, Riboflavina 20g, Piridoxina 12g, Vitamina B12 80 mg, Niacina 120g, Ácido pantoténico 40g, Biotina 300 mg, Acido fólico 3.2g, Hierro 110g, Zinc 50g, Manganeso 110 g, Cobre 12g, Yodo 0.300g, Selenio 0.1g, Cobalto 0.2g.

**Solo se uso coccidiostato en el experimento 1 con gallinas reproductoras; en el experimento 2 con gallinas en postura se omitió el uso de coccidiostato.

Los experimentos fueron realizados durante el primer semestre del año a una temperatura media de 16 ° C.

Experimento 1. Gallinas reproductoras.

Se emplearon 542 gallinas Leghorn reproductoras ligeras (494 hembras y 48 machos) de la línea Hy-Line W36, las cuales se dividieron en tres lotes y a cada uno se le asignó un tratamiento con distintos niveles de triptofano.

El experimento se llevó a cabo en una caseta tipo convencional, con piso de cemento dividiendo al total de gallinas en tres corrales; cada corral contó con comederos de tolva y bebederos de campana colocados uniformemente.

Las gallinas tenían 26 semanas de edad al comenzar el experimento y durante las cuatro semanas que duró el experimento se llevó registro de:

- Porcentaje de postura
- Peso promedio de huevo
- Masa del huevo
- Consumo diario de alimento
- Índice de conversión

Después de un mes de alimentación con la dieta experimental, se incubaron 900 huevos, 300 de cada tratamiento con tres réplicas de 100 cada una. La

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

incubación se llevó a cabo por 21 días con una temperatura de 37.7 °C y un porcentaje de humedad relativa del 60 %; al cabo de los cuales se midió:

- Porcentaje de fertilidad
- Porcentaje de incubabilidad
- Porcentaje de mortalidad embrionaria

Experimento 2. Gallinas en postura.

Para este experimento, se utilizaron 180 gallinas Leghorn de la línea Issa Babcock #B-300 de 25 semanas de edad las cuales fueron distribuidas utilizando un diseño completamente al azar en 3 tratamientos con 5 réplicas de 12 aves cada una. El experimento se realizó en una caseta de tipo convencional con piso de cemento y se alojaron 3 gallinas en cada jaula. El experimento se llevó a cabo durante ocho semanas y las variables evaluadas fueron:

- Porcentaje de postura
- Peso promedio de huevo
- Masa del huevo
- Consumo diario de alimento
- Índice de conversión

Los resultados promedio obtenidos en 56 días de experimentación, se sometieron a un análisis de varianza mediante el paquete estadístico de la Universidad de Nuevo León de la Facultad de Agronomía. Ver 2.5 conforme al diseño empleado. También se sometieron a la técnica de observaciones repetidas.

6.0 RESULTADOS Y DISCUSION.

Los resultados promedio de los parámetros productivos obtenidos en 28 días de experimentación con gallinas reproductoras (Cuadro 4) para consumo de alimento y conversión alimenticia se observan similares; sin embargo, se observó una mejora numérica en postura, peso promedio de huevo y masa de huevo por ave por día, con el nivel de 0.22% de triptofano que representa un consumo de 210mg de triptofano por ave por día.

Cuadro 4. Resultados promedio en gallinas reproductoras en 28 días de experimentación con diferentes niveles de triptofano. (Experimento 1).

Triptofano en la dieta en %	0.17	0.22	0.24
Postura %	84.6	89.7	89.3
Peso promedio del huevo g	52.4	53.3	52.6
Masa de huevo g	44.4	47.8	47.0
Consumo de alimento ave/día g	101.6	105.6	98.1
Índice de conversión g/g	2.5	2.4	2.2

Recientemente se ha sugerido que el efecto de la utilización de aminoácidos en aves en crecimiento, es disminuido por un efecto general del exceso de proteína en la dieta. Como consecuencia de esto sugiere que los requerimientos podrían ser expresados como una proporción de la proteína.⁶

En cuanto a los resultados obtenidos en la incubación (Cuadro 5), se observa que no hubo alguna diferencia significativa en los resultados promedio de

los parámetros reproductivos de los tres tratamientos; estos valores se encuentran por debajo de los estándares comerciales de incubabilidad.

Cuadro 5. Resultados promedio en 21 días de incubación con diferentes niveles de triptofano. (Experimento 1).

Cantidad de triptofano en la dieta en %	0.17	0.22	0.24
Fertilidad %	99.0	97.7	97.7
Incubación %	65.3	64.4	63.5
Mortalidad embrionaria %	34.7	35.6	36.5

N.S. ($P > 0.05$)

En 1990 North reporta que los huevos incubados a una altitud de 2,195 m.s.n.m. tienen una gran reducción del número de pollitos comparado con huevos incubados similarmente a una altitud de 213 m.s.n.m. Esto se debe a que el aire varía en su densidad de acuerdo a la elevación; a una altitud alta, el aire llega a ser menos denso. A causa del menor peso del aire en altas altitudes se ejerce una menor presión barométrica. Además, cuando el aire se expande, como ocurre en grandes altitudes, un volumen cúbico de aire contiene menos oxígeno.²⁴

Investigaciones han demostrado que el porcentaje de incubación del huevo es reducido cuando la altitud a la cual son incubados es incrementada, sin embargo, para altitudes abajo de 760 m.s.n.m. la reducción es escasa y es raramente informada. Pero cuando la altitud está sobre 1067 m.s.n.m. la baja en el porcentaje de incubación llega a ser un problema agudo.²⁴

Los resultados promedio obtenidos en 56 días de experimentación del segundo experimento se muestran en el Cuadro 6. Se puede observar que los mejores resultados en postura (94.8%), peso promedio de huevo (55.6 g) y masa de huevo por ave por día (52.4 g), se obtuvieron con el nivel de 0.22% de triptofano ($p < 0.07$) que representó un consumo de 210mg de triptofano por ave por día. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Othani et al.²⁵ quienes mencionan que con el consumo de 212 mg a 236 mg de triptofano se mejora la producción de huevo.

Cuadro 6. Resultados promedio en 56 días de experimentación con diferentes niveles de triptofano en los parámetros productivos. (Experimento 2).

Cantidad de triptofano en la dieta en %	0.17	0.22	0.24
Postura %	90.4 ^a	94.8 ^b	91.7 ^a
Peso promedio del huevo g	55.1 ^a	55.6 ^a	55.5 ^a
Masa de huevo g	49.1 ^a	52.4 ^a	51.0 ^a
Consumo de alimento ave/día g	92.1 ^a	95.7 ^a	91.7 ^a
Índice de conversión g/g	1.871 ^a	1.825 ^a	1.796 ^a

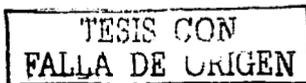
Valores con diferente literal en las filas son estadísticamente diferentes ($P < 0.07$)

Sin embargo, estos investigadores atribuyen este incremento en la producción de huevo a un decremento de la actividad estrogénica o a la biodisponibilidad, de sus ingredientes porque estos niveles de ingesta de triptofano estuvieron muy por arriba del NRC 1994²³ y las recomendaciones de otros investigadores.²⁵

La biodisponibilidad de los aminoácidos de los ingredientes en las dietas empleadas pudo haber sido un factor que influyera en los resultados obtenidos en experimentos previos con triptofano. En investigaciones previas una variedad de ingredientes fueron usados para suministrar una dieta deficiente en triptofano. Bray en 1969³ uso una dieta basal con 8.5% de proteína (60% de la proteína obtenida del maíz y 40% de la harina de soya). Wethi y Morris en 1978²⁹ usaron una dieta conteniendo harina de gluten de maíz, harina de arenque, fécula y gelatina. La dieta de Jensen et al. en 1990¹² fue con harina de gluten de maíz, harina de carne y hueso y harina de pollo. Russell y Harms en 1999²⁸ usaron una dieta de maíz + soya conteniendo 2% de gelatina. Recientemente Harms y Russell en el 2000 usaron una dieta donde el nivel de triptofano fue obtenido por variación del nivel de proteína y adicionando otros aminoácidos para que el triptofano fuera el primer aminoácido limitante.¹⁰

La mejora observada en peso promedio del huevo en el segundo experimento concuerda con Harms y Russell¹⁰ que también observaron un aumento en el peso de huevo cuando la ingesta de triptofano fue del 185.6 ± 11.42 mg/ave/día. Estos resultados encontrados de incremento de peso de huevo cuando se incrementa en la dieta el triptofano no están de acuerdo con reportes anteriores^{25, 12, 28}

Jensen et al. en 1990¹² realizaron 4 experimentos y encontraron una mejora en la producción de huevo, ingesta de alimento y eficiencia alimentaria por



la suplementación con triptofano, pero el peso de huevo no fue significativamente afectado. Ohtani et al. en 1989²⁵ observaron un incremento en la producción de huevo sin un incremento en el peso de huevo originado por una suplementación de triptofano de una dieta con 15% de proteína. Sin embargo, Morris y Wethli en 1978²¹ reportaron un incremento en el peso del huevo originado por un incremento de triptofano, pero la concentración proteica en la dieta se incremento ampliamente con triptofano, porque usaron una dieta alta en proteína. En el experimento de Jensen et al.¹², una mejora significativa en peso de huevo ocurrió con cada incremento de la dieta con proteína. Además demostraron que los requerimientos de triptofano se incrementan cuando las concentraciones de proteína se incrementan.

Con la prueba de análisis multivariado en el Experimento 2 mediante la técnica de observaciones repetidas, tampoco se encontraron diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos ($p > 0.05$) para las variables de peso promedio de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia, y masa de huevo. En porcentaje de postura se encontró, nuevamente diferencia ($p < 0.07$) del triptofano en el tiempo (a través de las semanas), es decir con el tratamiento de 0.22% se tuvo mejor respuesta (94.8%) que con los otros dos niveles.

7.0 CONCLUSIONES.

Con la suplementación de tres diferentes niveles de triptofano en gallinas reproductoras ligeras no se encontró efectos en el porcentaje de incubación del huevo, porcentaje de fertilidad y mortalidad embrionaria.

A sí mismo, no se observó efectos en los parámetros productivos de la gallina reproductora ligera (postura, consumo de alimento, masa de huevo, peso promedio del huevo, conversión alimenticia), al ser alimentadas con dietas de sorgo + gluten de maíz y pasta de soya con tres niveles de triptofano.

En consumo de alimento, masa de huevo, peso promedio del huevo y conversión alimenticia, en gallina de postura al adicionar tres diferentes niveles de triptofano no se encontró efecto.

De los resultados obtenidos en este experimento, se sugiere que la gallina productora de huevo en la actualidad requiere de 0.22% de triptofano ó 210 mg/ave/día para una máxima producción de huevo, información que deberá ser confirmada en futuros estudios.

8.0. LITERATURA CITADA.

1. Adrián J, Frangue R. La ciencia de los alimentos de la A a la Z. España. Ed. Acribia. 1990.
2. Bender D.A, Wynick D. Inhibition of kynureninase by oestrone sulphate. Br J Nutr 1981; 45: 269-275.
3. Bray DJ. Studies with corn-soya laying diets. 8. Requirements for limiting amino acids—the basal diet and the requirements for isoleucine, lysine and tryptophan. Poultry Sci. 1969; 48:674-684.
4. Compendio de indicadores económicos del sector avícola (2000 – 2001). México, D.F. UNA 2000.
5. Cuca GM, Ávila GE, Pró MA. Alimentación de las aves 8ª ed. Chapingo, Estado de México, Universidad Autónoma de Chapingo, 1996.
6. D'Mello JPF. Amino acids in farm animal nutrition. England. Cab International. 1994.
7. Devlin T. Bioquímica. México, D.F.; Ed. Revert,1999.
8. Ganong W. Fisiología medica. México, D.F. Ed. Manual moderno. 2000.
9. Hans-Dieter B. Química de los alimentos. 2da. edición. Zaragoza, España; Ed. Acribia, 1988.
10. Harms RH, Russell GB. Evaluation of tryptophan requirement of the commercial layer by using a corn-soybean meal basal diet. Poultry Sci. 2000; 79:740-742.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

11. INEGI. Tlahuac. Cuaderno de información básica delegacional. INEGI. México. 1992.
12. Jensen LS, Calderón VM, Mendonca CX. Response to tryptophan of laying hens fed practical diets varying in protein concentration. Poultry Sci. 1990; 69:1956-1965.
13. La Avicultura Mexicana 2001-2002: Producción, Comercialización e Integración. Tecnología Avípecuaria en Latinoamérica. 2002;174:6-12
14. Lacy MP, Van Krey HP, Denbow PB. Intraperitoneal injections of tryptophan inhibit food intake in the fowl. Poultry Sci. 1986;65: 786-788.
15. Lacy MP, Van Krey HP, Denbow PB. Tryptophan's influence on feeding and body temperature in the fowl. Poultry Sci. 1986;65: 1193-1196.
16. Larbier M, Leclercy B. Nutrition and feeding of poultry. Nottingham. London. University Press. 1994.
17. Leeson S, Summers J.D. Scott's Nutrition of the chicken. 4ta. edición. Canadá. University books. 2001.
18. Lehninger A. Principios de bioquímica. España. Ed. Omega, 1995.
19. MacDonald D, Edwards RA. Nutrición animal. 5ta. edición. España. Ed. Acribia. 1999.
20. Mathews C. Bioquímica. México, D.F. Ed. McGraw-Hill - Interamericana. 2000.
21. Morris TR, Wethli E. The tryptophan requirement of young laying pullets. Br. Poult. Sci. 1978;19:455-466.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

22. Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwell VW. Bioquímica de Harper. México, D.F. Manual Moderno. 1992.
23. National Research Council, 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington D.C.
24. North MO, Bell D. Commercial chicken production manual. 4ta. Edición. New York. Van Nostrand Reinhold. 1990.
25. Othani H, Saitoh S, Ohkawara H, Akiba Y, Takahashi K, Horiguchi M, and Goto K. Research note: Production performance of laying hens fed L-tryptophan. Poultry Sci. 1989; 68:323-326.
26. Peña A, Arroyo A, Morris A, Tapia R. Bioquímica. México, D.F. Ed. Limusa 1992.
27. Pro MA., Ávila GE. Conceptos básicos de la nutrición de pollo de engorda. NRA, 1997.
28. Russell GB, Harms RH. Tryptophan Requirement of the Commercial Hen. Poultry Sci. 1999; 78:1283-1285.
29. Wethli E, and Morris TR. Effects of age on the tryptophan requirement of laying hens. Br. Poult. Sci. 1978; 19:559-565.