

19  
Zej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ZARAGOZA"

"ESTUDIO QUIMICO BIOLOGICO DE  
HIDROXIANALOGOS DE METIONINA"

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O  
P R E S E N T A :

MARIO TEOFILO PERA PORTILLO



MEXICO, D. F.

FEBRERO DE 1992



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

## INDICE

PAG.

I	RESUMEN	1
II.	INTRODUCCION	3
III.	GENERALIDADES	6
IV.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
	OBJETIVOS	10
V.	REVISION DE LITERATURA	
	La metionina en la nutrición animal	11
	Metabolismo de metionina en animales	14
	El hidroxianálogo en la nutrición animal	17
	Respuesta equivalente de metionina y su hidroxianálogo	18
VI.	MATERIALES Y METODOS	
	Metodos generales	21
	Diseño experimental	23
	Análisis de metionina e hidroxianálogos	23
	Experimento biológico	24
	Prueba de rango múltiple de Duncan	29
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
	Análisis de metionina e hidroxianálogos	32
	Experimento biológico	36
	Ganancia de peso	41
	Consumo de alimento	43
	Conversión alimenticia	43

VIII.	CONCLUSIONES	48
IX.	BIBLIOGRAFIA	49
	ANEXOS	
	ANEXO A. Indice de Cuadros y Figuras	54
	ANEXO B. TABLA 1. Datos obtenidos de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia de la población de aves bajo estudio (Primera Semana).	
	ANEXO C. TABLA 2. Efecto de adiciones similares de hidroxianálogo de calcio y metionina pura sobre el peso vivo de pollos de engorda de 68 días de edad.	

## I. RESUMEN

Se realizó un experimento con 200 pollos de engorda, sin sexar, de la línea comercial "Peterson" de tres días de nacidos hasta la cuarta semana de edad, para ver el efecto de tres análogos de metionina (hidroxianálogo de zinc, hidroxianálogo de calcio y metionina hidroxianálogo) al emplearlos como posibles fuentes de este aminoácido en una dieta sorgo-soya para pollos.

Para ello se formuló una dieta general a base de sorgo-pasta de soya a partir de la cual se hicieron cinco dietas. la dieta uno fué deficiente en el aminoácido. en tanto que las cuatro restantes se adicionaron con cantidades similares (0.30%) de metionina y sus hidroxianálogos (Dietas 2 a 5). Estas dietas se proporcionaron a dicha población de pollos con cinco repeticiones y ocho aves por repetición.

Las variables en estudio fueron: consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia. Las aves se distribuyeron al azar en los cinco tratamientos y su peso se obtuvo en forma individual. La toma de datos se realizó al final de cada semana.

El contenido de proteína calculado en todas las dietas fué del 21%, mientras que el valor calculado de energía metabolizable fué de 3200 Kcal/Kg.

Se observo además que, el método colorimétrico del nitroprusiato de sodio, no puede ser empleado para cuantificar metionina e hidroxianálogos en dietas sorgo-soya.

Asimismo, se proporcionaron tres dietas sorgo-soya a una población de pollos durante la fase de finalización (desde la quinta semana de edad hasta la finalización), para hacer observaciones en el peso vivo de las aves. Para tal efecto, se empleó una dieta basal deficiente en metionina, mientras que las

dos restantes se adicionaron con cantidades similares (0.15%) de hidroxianálogo de calcio y metionina pura.

Con un nivel de confianza del 95%. se encontró un efecto estadísticamente significativo ( $P < 0.05$ ) en las variables ganancia de peso y conversión alimenticia en la primera semana de estudio (durante la fase de iniciación: tres días a cuatro semanas de edad).

Las ganancias de peso obtenidas fueron de 106.15 g y 104.66 g para las dietas adicionadas con metionina hidroxianálogo y metionina pura (dietas cuatro y cinco) respectivamente. Mientras que, los valores de conversión alimenticia fueron de 1.40 y 1.44 para las mismas dietas. El consumo de alimento no se vio afectado ( $P > 0.05$ ) por la cantidad agregada de hidroxianálogos.

No hubo efectos significativos ( $P > 0.05$ ) en consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia después de la primera semana de estudio.

Por su parte, las dietas proporcionadas a la población de pollos en finalización, no produjo efectos significativos ( $P > 0.05$ ) en el peso vivo de las aves.

Con base en los resultados obtenidos en la primera semana de estudio, se concluye que, es posible la sustitución de metionina por metionina hidroxianálogo e hidroxianálogo de calcio en dietas sorgo-soya para pollos.

## II. INTRODUCCION

La metionina pertenece al grupo de los aminoácidos esenciales (19), esta esencialidad se debe a su dificultad de síntesis por los tejidos animales. En la actualidad, la metionina es usada ampliamente en forma de ingrediente, en la alimentación animal. Esta utilidad ha sido atribuida al reemplazo de proteína animal por proteína vegetal, preferentemente de soya, en la dieta de aves de corral desde los años treinta (12).

La pasta de soya, importante ingrediente proteico para la formulación de dietas balanceadas, es deficiente en este aminoácido (24, 9).

Aun cuando los aminoácidos son compuestos de estructura y composición conocida, sólo algunos de ellos pueden ser obtenidos en forma sintética.

Las plantas superiores, diversas bacterias y algunos microorganismos pueden sintetizar por sí mismos todos los aminoácidos que requieren a partir de substancias más simples. No obstante, los animales superiores (aves y mamíferos) necesitan obtener, por lo menos, un mínimo de aminoácidos de la proteína de su propia dieta (20).

En general, los nutrientes que se suministran a las aves en las dietas se clasifican en proteínas, vitaminas, carbohidratos, grasas, minerales y agua. Mientras tanto, sus necesidades nutritivas han sido determinadas experimentalmente, y en la actualidad se dispone de suficiente información para las diferentes edades de las aves y la finalidad que se persigue: huevo o carne (9).

Las aves, son excelentes convertidoras de alimento. No obstante, su alimentación, es más delicada que la de cualquier otro animal doméstico, esto se debe a características propias de estas especies tales como respiración frecuente, circulación sanguínea acelerada, temperatura corporal superior a la de otras

especies, mayor actividad, marcada sensibilidad a influencias ambientales, y un rápido crecimiento que les permite alcanzar la madurez a edad temprana (9).

Las investigaciones en nutrición animal han mostrado que el organismo joven en intenso crecimiento requiere de la presencia de aminoácidos en la dieta. La privación de alguno de los llamados esenciales, produce una pronta pérdida del apetito, el consumo de alimento disminuye, además de presentarse un desbalance de nitrógeno con la consecuente pérdida de peso (22).

En los pollos por ejemplo, la deficiencia de aminoácidos esenciales, produce una reducción en la síntesis de proteínas lo que conduce a un retraso en el crecimiento o a una deficiente producción de huevo, las aves empluman mal y el contenido graso es por lo general, mayor que el de pollos bien alimentados (9).

Además de ser un aminoácido esencial, la metionina es importante como un donador de metilos y como precursor de cistina y cisteína (20).

En México, la industria de alimentos balanceados hace un uso importante de metionina sintética. Sin embargo, su disponibilidad se redujo considerablemente en el mercado nacional desde 1982 (1), razón por la cual este producto se ha tenido que importar hasta la fecha, para tratar de cubrir la demanda en nuestro país.

El análogo hidroxilo ha sido usado extensamente como sustituto de la metionina DL-sintética en la dieta de aves de corral y otros animales de granja, desde mediados de los años cincuenta (12). Tradicionalmente el valor relativo de este compuesto ha sido determinado con base en el aumento de peso y la conversión alimenticia, estableciéndose un efecto equivalente al de la metionina sintética cuando se agrega a las dietas a base de soya (39).

Sin embargo, a pesar de su amplia utilidad en algunos países como los Estados Unidos, en México existen pocas investigaciones respecto al uso y efectividad de este u otros análogos de metionina. El hidroxianálogo podría contribuir



a mejorar la actual deficiencia de metionina en la industria de alimentos balanceados de nuestro país.

Por esta razón, se llevó a cabo el presente estudio para ver el efecto que tienen tres hidroxianálogos de metionina, adicionados a una dieta sorgo-soya, sobre la respuesta biológica del pollo de engorda en fase de iniciación de la línea comercial "Peterson", evaluando las siguientes variables: consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia. Además de observar, si el método colorimétrico del nitroprusiato de sodio puede ser empleado para cuantificar metionina e hidroxianálogos en dietas sorgo-soya y en muestras puras.

### III. GENERALIDADES

Las plantas y algunos microorganismos pueden sintetizar todos los aminoácidos a partir de una fuente simple de nitrógeno (nitrógeno atmosférico, amoníaco, nitratos, nitritos, urea, etc.), sulfato (para el azufre) y carbohidratos. Otros microorganismos y animales pueden sintetizar algunos aminoácidos, aunque no todos los que necesitan. Por consiguiente, necesitan obtener de la dieta aquellos aminoácidos (esenciales) que no pueden sintetizar en absoluto, o que pueden sintetizar, pero no en la proporción adecuada para un óptimo crecimiento.

El suministro de cantidades suficientes de aminoácidos esenciales (y, además de los no esenciales) es por consiguiente, un problema importante en la nutrición adecuada de cualquier ser vivo.

Este problema se complica por el hecho de que las proteínas de la dieta varían notablemente en su contenido relativo de aminoácidos esenciales. Por ejemplo, la harina de ajonjolí es rica en metionina y deficiente en lisina, mientras que la harina de soya es rica en lisina y deficiente en metionina (9)

De ahí la importancia de saber ésto para poder balancear las dietas, tomando en cuenta el contenido de aminoácidos de los ingredientes en las distintas fuentes proteicas, para evitar así, una deficiencia de alguno de ellos.

Los aminoácidos ingeridos por los vertebrados se hallan en su mayor parte en forma de proteínas. Puesto que los aminoácidos sólo pueden incorporarse en forma libre a las rutas metabólicas, tanto las proteínas como los peptidos son hidrolizados en primer lugar, por las enzimas proteolíticas del conducto gastro-intestinal donde son absorbidos por el intestino de acuerdo a las proporciones en que se liberan en la digestión para después ser transportados a los sitios de síntesis de proteínas, lugar donde se forman las proteínas requeridas.

Dado que los aminoácidos no se almacenan en el organismo, éstos deben llegar al cuerpo en las proporciones necesarias para la síntesis. De no ser así, la falta o exceso hace que estos se deaminen o excreten y sean usados como energía.

Por tanto, la proteína no es requerida por sí misma, sino los aminoácidos presentes en ella y su liberación por hidrólisis.

En los animales superiores, los aminoácidos actúan como piezas estructurales de las proteínas, así como de precursores de otras importantes biomoléculas tales como las hormonas, las purinas, las pirimidinas, las porfirinas, y algunas vitaminas (19).

Los aminoácidos son compuestos ópticamente activos con excepción de glicina, y solamente los L-isómeros pueden ser incorporados a proteínas. Algunos D-aminoácidos pueden ser convertidos biológicamente a la respectiva forma L. Tal es el caso de metionina, triptofano, fenilalanina, histidina y arginina (19).

Asimismo, los aminoácidos metionina, cistina y cisteína, al igual que sus respectivos análogos, se encuentran entre los compuestos azufrados más importantes para el cuerpo y como tales son indispensables para la vida (8). De ahí que también se les designa como aminoácidos azufrados.

La metionina participa en numerosas reacciones biosintéticas que tienen lugar en el Metabolismo; en los tejidos animales además de incorporarse directamente a proteínas, se emplea como fuente de cisteína y cistina. Por su parte, la forma activa de la metionina puede ser obtenida a partir de su isómero "D" o bien de sus ceto e hidroxianálogos.

#### IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México como en otros países, la pasta de soya es uno de los ingredientes proteicos más utilizados en la formulación de dietas balanceadas para animales no-rumiantes. No obstante, el aminoácido metionina se encuentra deficiente en la proteína unicelular y en la pasta de soya (3). Esta es la razón del intenso uso de metionina sintética en la alimentación animal.

En la formulación de raciones se usa sólo para complementar lo que hace falta para llegar a un requerimiento ya que los alimentos naturales aportan la metionina al ser incluidos en la dieta para proporcionar proteína, energía, etc. Ciertamente su uso tiene grandes implicaciones económicas por lo que en 1982, tan sólo en los Estados Unidos, se llegaron a requerir 45 mil Toneladas de metionina para la elaboración comercial de alimentos para aves (3B).

En nuestro país, la disponibilidad de metionina se redujo considerablemente en el mercado nacional desde 1982 (1). Algunos de los factores que más influyeron en la escasez de este aminoácido fueron: suministro deficiente de ácido cianhídrico, problemas en la planta de PEMEX en Minatitlán y falta de divisas (1).

A fin de dar atención a este problema, el grupo ALBAMEX (varias de cuyas plantas han sido compradas actualmente por Hacienda) comenzó a importar este producto a partir de ese mismo año. En ese entonces, la metionina de importación fué del 65% (1).

Para tratar de cubrir la necesidad de metionina requerida por la industria de alimentos balanceados, se han realizado esfuerzos tendientes a fabricar este aminoácido en nuestro país. Sin embargo, aun existen múltiples problemas lo que hace que su producción sea prácticamente imposible.

Precisamente, el presente estudio se realizó con el objeto de evaluar tres análogos de metionina para ver su posible

uso como substitutos de este aminoácido en dietas sorgo-soya para pollos. Dichos compuestos son el hidroxianálogo de zinc (OH-Zn), el hidroxianálogo de calcio (OH-Ca), y la metionina hidroxianálogo (MHA).

## OBJETIVOS

Objetivo general: Evaluar la respuesta biológica del pollo de engorda en fase de iniciación (consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia) al agregar a su dieta a base de sorgo-pasta de soya, tres hidroxianálogos de metionina (sal de calcio, sal de zinc, y metionina hidroxí análogo) y metionina pura.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.- Calcular y preparar dietas experimentales sorgo-soya adicionadas con metionina pura e hidroxianálogos.
- 2.- Determinar la equivalencia química y biológica de metionina e hidroxianálogos con relación a la metionina en las dietas de iniciación y en muestras puras por el método colorimétrico.
- 4.- Determinar el contenido de proteína en las dietas de iniciación por el método Macroheldahl.
- 5.- Evaluar semanalmente el consumo de alimento, la ganancia de peso y la conversión alimenticia de las aves bajo los distintos tratamientos.
- 6.- Realizar el análisis estadístico de los resultados obtenidos para efectuar comparaciones.

## V. REVISION DE LITERATURA

### La metionina en la nutrición animal.

El papel biológico de metionina fué estudiado por primera vez por Jackson y Block (17) quienes encontraron que la metionina es eficaz cuando se agrega a dietas deficientes en cistina.

La metionina puede cubrir parte de las necesidades materiales del animal para la síntesis de cistina. Esto implica que la cistina no es necesaria en la dieta, si existe la suficiente metionina para cubrir los requerimientos tanto de metionina como de cistina.

Finkelstein y Mudd (13) encontraron, que la adición de cistina a dietas bajas en metionina, ocasionó una disminución en los niveles de cistationina sintasa, la enzima que cataliza la reacción hacia la formación de cistina. Se observó que la adición de metionina restableció la actividad enzimática a niveles normales, sin embargo, el mecanismo por el cual sucede ésto, es desconocido.

Otros trabajos llevaron a la conclusión de que la metionina radioactiva se transforma en cistina (33).

Se ha mostrado que los isómeros D y L de la homocisteína podrían sostener el crecimiento en ratas en ausencia de metionina. Sin embargo, en dietas deficientes en metionina, la homocisteína no fue efectiva para promover el crecimiento, mucho menos colina u otro donador de metilos incorporados en la dieta (22).

Se ha informado también que la cistationina no puede formar metionina a pesar de ser precursor de cistina y cisteína, lo que explica la imposibilidad de síntesis de metionina a partir de cistina y cisteína. Esto es, la metionina puede ser convertida en cistina, pero la reacción inversa no tiene lugar, ya que

posiblemente la enzima cistationina sintasa es irreversible (10, 30).

Se han publicado necesidades mínimas de metionina y metionina más cistina pues, como se indicó, la metionina tiene la capacidad de transformarse en cistina. En este sentido los niveles de metionina más cistina para pollo de engorda son: 0.93, 0.72 y 0.60 como por ciento de la ración para los períodos de 0 a 3, 4 a 6 y 7 a 9 semanas de edad, siempre y cuando las dietas contengan 3200 Kcal/Kg de energía metabolizable (EM). Por su parte, los niveles recomendados de metionina son: 0.50, 0.38 y 0.32% respectivamente (24). Con base en esta información, se puede ver que el aminoácido cistina contribuye aproximadamente con el 50% de los requerimientos de aminoácidos azufrados.

Las necesidades proteicas del pollo son proporcionales a sus necesidades energéticas por lo que el National Research Council (NRC) indica niveles de 3200 Kcal/Kg de EM con 23, 20 y 18% de proteína de 0 a 3, 3 a 6 y 6 a 9 semanas de edad, mientras que en nuestro país, los niveles recomendados son: 20 a 22 y de 18 a 20% de proteína con 2900 a 3000 y 3000 a 3200 Kcal/Kg de EM para los períodos de 0 a 4 y de 5 a 9 semanas de edad respectivamente (9).

La soya está considerada como una fuente protéica de alta calidad en comparación con otras proteínas de origen vegetal. Sin embargo, ésta es deficiente en metionina indicándose valores de 0.65 y 0.66 como por ciento del ingrediente respectivamente (24, 9).

Existen métodos potenciométricos y de cromatografía de gases además de los colorimétricos para la cuantificación de metionina (11, 14, 16).

Por su parte, las deficiencias en el contenido de aminoácidos azufrados en dietas para pollos, se suplen empleando metionina DL-sintética.



El aminoácido "D", presente en las mezclas racémicas de metionina, puede biológicamente ser convertido en el correspondiente isómero L (4, 18). El metabolismo dispone de sistemas enzimáticos los cuales hacen posible esta transformación. Se sabe que, la D-metionina es oxidada inicialmente al alfa-cetoácido el cual es convertido a L-metionina por medio de una transaminación. La conversión de la D-metionina esta representada esquemáticamente en la Figura 1.

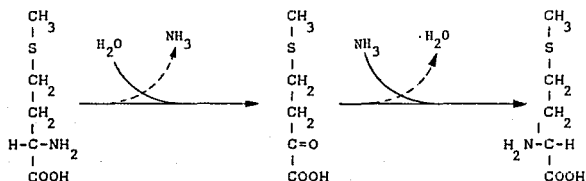


Fig. 1. Transformación de la D-metionina a L-metionina por transaminación.

Es probable que la glutamina sea el principal aminoácido en la transaminación de la ceto-metionina a L-metionina (3). En esta forma, la L-metionina transformada en el organismo a partir de la forma D, es utilizada completamente para biosíntesis de proteínas y reacciones de transmetilación.

## Metabolismo de metionina en animales.

El metabolismo de metionina comprende reacciones en las cuales su átomo de azufre y el grupo metilo, son transferidos a otras moléculas de gran importancia bioquímica, de ahí su papel en los procesos de transulfuración y transmetilación.

En su ruta metabólica, la metionina es degradada por la vía del propionil-CoA y del metilmalonil-CoA, a succinil-CoA el cual experimenta desacilación para dar succinato (19). En la Figura 2 se hace una descripción general del metabolismo de metionina en la cual se incluye la información más importante de las vías degradativa y sintética de este aminoácido. La figura ha sido tomada de diferentes fuentes (2, 19, 33).

Ahora bien, un aspecto importante en la ruta metabólica de la metionina lo es la síntesis de cisteína. En una primera etapa, la metionina pierde el grupo metilo de su átomo de azufre convirtiéndose en homocisteína. Esta transformación, requiere en primer lugar ATP para convertir la metionina en una forma activada, la S-adenosilmetionina.

La S-adenosilmetionina es un importante agente de metilación biológica. Su grupo metilo, puede ser donado a un gran número de aceptores de grupos metilo (que difieren ampliamente en sus propiedades químicas y biológicas) entre los que se encuentran betaina, carnitina, colina, epinefrina, melatonina, metanefrina, ácidos nucleicos metilados así como otros diversos compuestos (19, 22). Esta transferencia tiene lugar por acción de enzimas metiltransferasas, con lo cual se libera S-adenosil-homocisteína como producto de la desmetilación. Después, la S-adenosil-homocisteína experimenta hidrólisis para rendir homocisteína libre.

En otra etapa hacia la síntesis de cisteína, la homocisteína reacciona con la serina produciendo cistationina, gracias a la acción catalítica de la cistationina-β-sintasa.

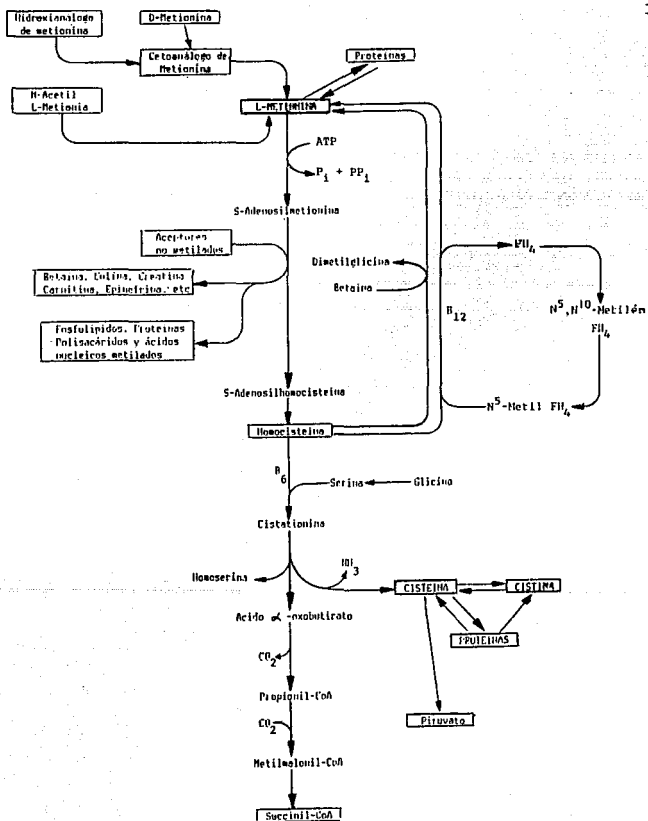


Fig. 2. Metabolismo de metionina en animales.

En la etapa final, la cistationina- $\gamma$ -liasa, cataliza la escisión de la cistationina liberando cisteína, con formación secundaria de  $\alpha$ -oxobutirato y amoniaco.

En los mamíferos, la única función de la cistationina consiste en actuar como intermediario en la transferencia del azufre de la metionina para formar cisteína (19). La formación del aminoácido cistationina se efectúa irreversiblemente a partir de homocisteína por acción de la enzima cistationina sintasa, y su degradación conduce a la formación de cisteína la cual requiere la presencia de la enzima cistationasa. Estas dos enzimas constituyen la conexión principal entre el metabolismo de metionina y cisteína, y es debido a su irreversibilidad, que no se puede formar metionina a partir de cisteína (2, 3). La anterior es una diferencia entre plantas y animales, razón por la cual las primeras pueden formar metionina.

La metionina puede ser formada por las plantas superiores porque sintetizan homocisteína a partir de cisteína y aspartato. Sin embargo, en los animales, la formación de homocisteína ocurre a expensas de metionina (2, 8, 19). La homocisteína es un intermediario en el metabolismo de metionina y su síntesis en cantidades apreciables es una vía ausente de los tejidos animales, hecho que explica la esencialidad de metionina en animales.

Dado que la metionina tiene una elevada tasa degradativa, se requiere por tanto, de una síntesis continua de este aminoácido, pues una vez que se convierte en cisteína, su recuperación es improbable. Observando el esquema de la Figura 2 se puede ver que, la metionina puede ser formada a partir de sus análogos, y el aminoácido "D" puede isomerizarse a la forma activa de la serie "L", gracias a la presencia de la enzima D-aminoácido oxidasa (19). Asimismo se puede observar que, el N<sup>5</sup>-metiltetrahidrofolato al igual que la betaina pueden ceder su grupo metilo a homocisteína para la biosíntesis de metionina (19, 22).

Esta claro que la parte biológica más importante de la metionina es el grupo  $(-CN_2-CH_2-CHNH_2-COOH)$ , pues es difícil de biosintetizar en los tejidos animales, razón por la cual la metionina es esencial. Dicho grupo se encuentra potencialmente en los hidroxianálogos como se puede observar en la Figura 3.

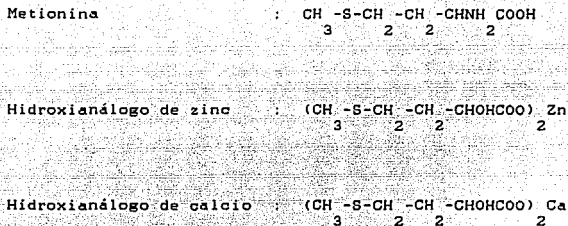


Fig. 3. Estructura química de la metionina y sus hidroxianálogos.

#### El hidroxianálogo en la nutrición animal.

Block y Jackson (8) fueron los primeros en informar que la sal de zinc del hidroxianálogo fue capaz de promover el crecimiento de ratas cuando se agregó a dietas deficientes en cistina.

En 1956 se dio a conocer la síntesis química del hidroxianálogo de metionina (35).

Asimismo, se ha informado que los tejidos animales poseen la capacidad de transformar los hidroxí y ceto análogos de metionina (3).

La conversión bioquímica del hidroxianálogo es muy parecida a la del aminoácido D, como se puede observar en el esquema de la Figura 4.

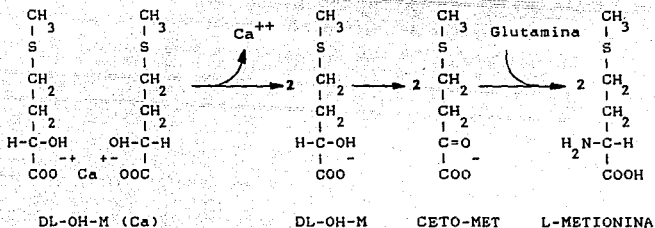


Fig. 4. Conversión del hidroxianálogo de metionina (Ca) a L-metionina.

#### Respuesta equivalente de metionina y su hidroxianálogo.

Diversas investigaciones extranjeras han descrito una utilidad biológica equivalente de metionina y su hidroxianálogo cuando se usan dietas prácticas para aves.

El hidroxianálogo no sólo substituye la capacidad donadora de metilos de la metionina sino todas sus demás capacidades como son la síntesis de proteínas, formación de poliaminas, S-adenosilmetionina, cisteína, etc.

Bird en 1952 (12), informó que la respuesta del pollo en crecimiento fué significativamente mejor con el hidroxianálogo que con la metionina cuando ambos se agregaron a dietas deficientes en metionina con 20% de proteína. Por su parte, Gordon *et al.*, (12) encontraron que la eficiencia alimenticia del hidroxianálogo fué mejor que la metionina cuando éstos se adicionaron a dietas prácticas a base de maíz-soya con 20% de proteína.

Mientras tanto, Gordon y Sizer (12) informaron que la L-metionina, la D-metionina y el hidroxianálogo tuvieron respuestas equivalentes cuando se agregaron mol a mol a dietas deficientes en metionina.

Usando dietas purificadas o semipurificadas, algunos investigadores han descrito una efectividad menor para el hidroxianálogo que para una cantidad equivalente de DL-metionina (2, 18, 31, 37).

En 1966 se compararon dos fuentes comerciales de hidroxianálogo de calcio con DL-metionina, empleando pollos y pavos en iniciación, se encontró que los dos hidroxianálogos produjeron pesos corporales similares a los obtenidos con DL-metionina (23).

En un trabajo con pollos que recibieron una dieta a base de aminoácidos cristalinos, se encontró que la sal de calcio del ceto análogo de metionina es menos eficaz que la DL-metionina, pero más eficaz que una cantidad equivalente de la sal de calcio del hidroxianálogo de metionina (2).

En 1977 se efectuaron cuatro experimentos con pollos que condujeron a la siguiente conclusión, "el análogo de metionina es molecularmente equivalente a DL-metionina como suplemento para lograr un consumo aproximadamente normal de aminoácidos azufrados" (2).

En 1981 se dio a conocer una equivalencia molar de 83% para el hidroxianálogo de calcio en comparación con DL-metionina en dietas para pollos (39).

En el mismo año se encontró que una forma líquida de hidroxianálogo libre puede ser aceptable como fuente de metionina adicional en dietas para pollos asaderos (41).

Otro trabajo del mismo año, informó que la sal de calcio del hidroxianálogo de metionina y el hidroxianálogo libre, tuvieron eficiencias molares de 87 y 78% respectivamente cuando se probaron como única fuente de aminoácidos azufrados en una dieta purificada que se proporcionó a pollos machos durante 8 días (7).

Van Weerden *et al*, en ese mismo año encontraron eficiencias molares de 81 y 76% para la sal de calcio del hidroxianálogo de metionina y el hidroxianálogo libre respectivamente (40). En 1983 estos mismos autores dieron a conocer una equivalencia molar de 72% para la sal de calcio del hidroxianálogo libre (40).

En un trabajo más con los substitutos de metionina se afirma que "*deben usarse dietas semipurificadas con proteínas puras o dietas purificadas con mezclas de aminoácidos para obtener respuestas elevadas*" (34).

En otro informe se concluyó que el hidroxianálogo y la DL-metionina son nutricionalmente equivalentes en dietas purificadas y en dietas prácticas (33).

En 1987 se informó que el hidroxianálogo libre fué inferior a DL-metionina cuando se adicionó a dietas purificadas que se proporcionaron a pollos de 6 a 27 días de edad (28).



## VI. MATERIALES Y METODOS

### Métodos generales.

El experimento químico biológico se desarrolló en las instalaciones del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. El mezclado de las dietas experimentales se realizó en el Departamento de Avicultura del Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias dependiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, ubicado en el campo experimental "EL Horno", Chapingo, Estado de México.

Para llevar a cabo el experimento biológico, el local utilizado se desinfectó y acondicionó previamente. En el experimento se emplearon 200 pollos de engorda sin sexar de la línea comercial "Peterson", de tres días de nacidos y un peso promedio de 65 g.

Durante la fase experimental de iniciación (0 a 4 semanas de edad), las aves fueron alojadas en criadoras eléctricas tipo batería.

Asimismo, se hicieron observaciones en el peso vivo de una población de pollos que comprendió la fase comercial de finalización (5 a 9 semanas de edad). Para tal efecto, las aves utilizadas se alojaron en corrales de piso en los que se les brindaron las condiciones necesarias para su desarrollo tales como cama, temperatura, luz, ventilación, etc. El agua y el alimento se proporcionaron ad libitum durante todo el trabajo experimental.

Por otra parte, con objeto de evitar posibles brotes de enfermedad en la población de aves, se aplicaron vacunas contra enfermedad de Newcastle y Coriza infecciosa (Cuadro 1).

El contenido de proteína empleado en las dietas de la fase de iniciación, se determinó por el método Macroheldahl (32). Esta determinación al igual que la cuantificación de metionina

**CUADRO 1. Calendario de vacunación para pollo de engorda aplicado en el Laboratorio de Nutrición.**

Edad (días)	Vacuna	Cepa	Vía de aplicación
10	Enfermedad de Newcastle (ENC)	La Sota	Gota en el ojo
28	Coriza infecciosa Bacteriana		Intramuscular
39	Enfermedad de Newcastle (ENC)	La Sota	Intramuscular

y sus hidroxianálogos se realizaron en el Laboratorio de Nutrición del mismo Departamento de Zootecnia.

Para obtener los análisis calculados, se hizo uso de las tablas de la literatura (9, 24).

Las diferencias encontradas en ganancia de peso y conversión alimenticia en la primera semana de estudio (3 a 12 días de edad), fueron examinadas por medio de un análisis de varianza seguido de la prueba de rango múltiple de Duncan (36).

#### Diseño experimental.

El experimento tuvo una duración de nueve semanas que comprendió los meses de Julio a Septiembre de 1987. Con base en su peso, los pollos utilizados en la fase de iniciación, fueron distribuidos en grupos experimentales conforme a un diseño completamente al azar contando así con lotes homogéneos.

Se emplearon cinco dietas con cinco repeticiones que se proporcionaron a 6 aves por repetición lo que dio un total de 40 aves por tratamiento.

Asimismo, se emplearon 104 aves en la fase de finalización pertenecientes a tres de los cinco tratamientos originales de la fase de iniciación (Anexo C, Tabla 2)

#### Análisis de metionina e hidroxianálogos.

La determinación cuantitativa de metionina y sus hidroxianálogos, se realizó mediante la evaluación colorimétrica, considerando que estructuralmente tanto la metionina como los hidroxianálogos tienen el mismo grupo funcional CH S-. El método

utilizado se basa en la reacción de nitroprusiato de sodio  $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$  con el grupo  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$  de la metionina (21). El producto resultante es un compuesto colorido cuya absorbancia se lee a 540 nanómetros. El método se describe a continuación: a 2 ml de solución de hidroxianálogo se agregaron 0.15 ml de solución de hidróxido de sodio 14.3 N; 0.3 ml de solución de glicina al 1%, y 0.15 ml de solución de nitroprusiato de sodio al 19%. la mezcla resultante se colocó en baño María durante 10 minutos agregando después 2.5 ml de una mezcla de ácido clorhídrico-ácido fosfórico (a razón de 9 volúmenes de ácido clorhídrico concentrado y un volumen de ácido fosfórico de 85%) mediante agitación mecánica durante la adición de la mezcla ácida, la nueva mezcla se dejó reaccionar a temperatura ambiente por 4 horas, al término de las cuales se leyó la absorbancia a 540 nanómetros.

La cuantificación de metionina e hidroxianálogos agregados a las dietas de iniciación se realizó de la siguiente manera: 10 g de la dieta-muestra se disolvieron en 50 ml de agua, la solución resultante se filtró y aforó a 100 ml, a continuación se tomó una alícuota de 10 ml la cual se centrifugó durante 15 minutos a 3000 rpm, del sobrenadante se tomó una alícuota de 2 ml con la cual se realizó la determinación de acuerdo al método descrito anteriormente.

#### Experimento biológico.

El experimento se diseñó con objeto de evaluar tres análogos de metionina agregados a una dieta sorgo-soya para ver el efecto de éstos sobre la respuesta biológica del pollo de engorda en fase de iniciación.

Para alcanzar este objetivo, se formuló una dieta general a base de sorgo-pasta de soya de acuerdo a los requerimientos nutricionales del pollo de engorda recomendados por el NRC (24).

El efecto de los análogos, se comparó empleando una dieta basal deficiente y otra conteniendo metionina pura.

Las fuentes de metionina empleadas en el presente estudio fueron las siguientes: DL-metionina, Metionina Hidroxi Análogo (MHA), Hidroxianálogo de zinc (OH-Zn), e Hidroxianálogo de calcio (OH-Ca) las cuales se agregaron a las dietas en cantidad similar (0.30%).

Las dietas experimentales se prepararon empleando una mezcladora Hobart de 60 Kg a tres velocidades. Estas dietas quedaron como sigue: Dieta uno, 0.60% de almidón; Dieta dos, 0.30% de almidón y 0.30% de hidroxianálogo de zinc; Dieta tres, 0.30% de almidón y 0.30% de hidroxianálogo de calcio; Dieta cuatro, 0.30% de almidón y 0.30% de metionina hidroxi análogo, y Dieta cinco, 0.30% de almidón y 0.30% de metionina pura. La composición de las dietas se presenta en el Cuadro 2.

Observando el cuadro de dietas se verá, que la dieta cinco contiene un nivel de metionina + cistina de 0.92%. De igual forma, las dietas dos, tres y cuatro contienen el mismo nivel de metionina, pero en forma de su correspondiente hidroxianálogo. Se observa además que, la dieta uno, no contiene metionina, ni hidroxianálogo por lo cual se consideró deficiente. Estas dietas se compararon entre si, con cinco repeticiones y ocho pollos por repetición.

Todas las aves fueron pesadas individualmente al final de cada semana por lo que semanalmente se llevaron registros de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia. De esta forma, el peso inicial promedio de las aves en los cinco tratamientos fué de: 66, 65, 66, 66, y 65 g respectivamente.

Es importante mencionar que, antes de dar inicio al trabajo experimental, todos los pollos fueron alimentados con una dieta normal de iniciación durante dos días, después de los cuales las aves se distribuyeron en los distintos tratamientos de acuerdo al diseño experimental descrito previamente.

Por otra parte, se decidió hacer observaciones en el peso vivo de una población de pollos (durante la fase de finalización) empleando para ello, hidroxianálogo de calcio y metionina pura en la dieta de las aves. Para tal efecto, se formuló una dieta basal de finalización a base de sorgo-pasta de soya considerando los requerimientos nutricionales del pollo de

CUADRO 2. COMPOSICION DE LAS DIETAS DEL EXPERIMENTO

INGREDIENTE ( % )	D I E T A S				
	1	2	3	4	5
Sorgo	54.36	54.36	54.36	54.36	54.36
Pasta de soya	35.22	35.22	35.22	35.22	35.22
Roca fosfórica	5.23	5.23	5.23	5.23	5.23
Cloruro de sodio	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Vitaminas	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Minerales	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Aceite	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02
Almidón	0.60	0.30	0.30	0.30	0.30
Hidroxianálogo de calcio	----	----	0.30	----	----
Hidroxianálogo de zinc	----	0.30	----	----	----
Metionina pura	----	----	----	----	0.30
MHA	----	----	----	0.30	----
<b>T O T A L</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

ANALISIS CALCULADO

Proteína cruda*	(%)	21.07	21.07	21.07	21.07	21.07
E. Metabolizable (Kcal/Kg)		3000	3000	3000	3000	3000
Calcio	(%)	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
Fósforo	(%)	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
Lisina	(%)	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
Metionina + Cistina	(%)	0.62	0.92	0.92	0.92	0.92

\* 21.5% es el valor determinado experimentalmente.

engorda según el NRC (24). Con base en ésta se prepararon tres dietas, las cuales quedaron como sigue: Dieta uno, 0.78% de harina de trigo; Dieta dos, 0.63% de harina de trigo y 0.15% de hidroxianálogo de calcio, y Dieta tres, 0.63% de harina de trigo y 0.15% de metionina pura. La composición de las dietas se muestra en el Cuadro 3. Estas dietas se proporcionaron a una población de aves que fué seleccionada a partir de los tratamientos uno, tres y cinco de la fase experimental de iniciación. Así entonces, la población de aves empleada para este propósito quedo como sigue: Dieta uno, 35 aves; Dieta dos 35 aves, y Dieta tres, 34 aves (Anexo. Tabla 2). Asimismo, todas las aves fueron pesadas en forma individual al igual que se hizo en la fase de iniciación.

CUADRO 3. COMPOSICION DE LAS DIETAS DE FINALIZACION

INGREDIENTE ( % )	D I E T A S		
	1	2	3
Sorgo	63.38	63.38	63.38
Pasta de soya	28.13	28.13	28.13
Roca fosfórica	4.17	4.17	4.17
Cloruro de sodio	0.30	0.30	0.30
Vitaminas	0.07	0.07	0.07
Minerales	0.07	0.07	0.07
Aceite	3.20	3.20	3.20
Harina de trigo	0.78	0.63	0.63
Hidroxiánhdlogo de calcio	----	0.15	----
Metionina pura	----	----	0.15
<b>T O T A L</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

ANALISIS CALCULADO

Proteína cruda (%)	18.57	18.57	18.57
E. Metabolizable (Kcal/Kg)	3026.1	3026.1	3026.1
Calcio (%)	0.77	0.77	0.77
Fósforo (%)	0.37	0.37	0.37
Lisina (%)	1.00	1.00	1.00
Metionina + Cistina (%)	0.55	0.70	0.70



A continuación se describe la prueba de rango múltiple de Duncan utilizada en el presente estudio.

#### Prueba de rango múltiple de Duncan.

**Fundamento.** Esta prueba es la más utilizada entre diversas pruebas de rango múltiple (36). La prueba es idéntica a la de Diferencia Significativa Mínima (DSMn) para medias adyacentes de un arreglo ordenado, pero requiere valores progresivamente mayores para la significancia entre medias, en la medida que estas se encuentran más ampliamente separadas en el arreglo. La prueba incluye el cálculo de las diferencias significativas mínimas (DSMn) para todas las posiciones posibles entre las medias de un tratamiento cuando estas se encuentran dispuestas en orden de magnitud. Las DSMn se utilizan en un procedimiento ordenado para determinar diferencias estadísticas entre las medias. Esta prueba utiliza un nivel de significancia variable que depende del número de medias que entran en una etapa. El procedimiento de prueba se inicia comparando las medias máxima y mínima.

Para ilustrar su aplicación, emplearemos como ejemplo, los resultados numéricos de la variable ganancia de peso obtenidos en la primera semana de estudio (ANEXO B. TABLA 1).

#### Procedimiento.

- A) Calcular la diferencia significativa mínima.

$$DSM = Sx 0.05 = CME/r = 15.35/5 \text{ donde:}$$

CME = Cuadrado Medio del Error; r = Numero de repeticiones.

- B) Calcular la DSM para la posición relativa en el arreglo ordenado de medias. Puesto que existen 5 medias, éstas pueden encontrarse separadas por 2, 3, 4 o 5 valores.

Posición relativa en la ordenación (p de tablas)	2	3	4	5
Valores de R, al nivel de 5% ( $\alpha = 0.05$ )	2.95	3.10	3.18	3.25
DSMn = R(DSM)	5.2	5.4	5.6	5.7

- C) Disponer las medias por orden de magnitud (de menor a mayor y probar para diferencias significativas.

Medias:      96.55      100.09      100.90      104.66      106.15

- D) Empezamos por comparar las medias máxima y mínima aplicando la DSMn para posiciones relativas a cada una de las siguientes en el arreglo ordenado (en este caso  $p = 5$ , por lo que  $DSM = 5.7$ ). Si la diferencia entre dichas medias es igual o mayor que la DSM, las medias serán significativamente diferentes.

Ejemplo:  $106.15 - 96.55 = 9.59$  Puesto que  $9.59 > 5.7$  entonces 106.15 es significativamente diferente de 96.55.

Ahora comparamos la media mayor con la penúltima de las menores. Es decir,  $106.15 - 100.09 = 6.06$  y dado que  $6.06 > 5.6$  entonces se declara que 106.15 es significativamente diferente de 100.15.

Luego se prueba con el siguiente par de datos, esto es:

$106.15 - 100.90 = 5.25$  Dado que la DSMn para este caso es igual a 5.4 se tiene que  $5.25 < 5.4$  por lo que se declara que hay una diferencia no significativa. Cuando se encuentra una diferencia no significativa, se puede trazar una línea conectando dichas medias y agregando una letra minúscula.

En esta forma el procedimiento se repite empezando por comparar la segunda media mayor con la menor, hasta completar el cálculo correspondiente. Así, al probar 104.65 con 100.09 se tiene lo siguiente:  $109.65 - 100.09 = 4.56$  y dado que la DSMn para este caso es igual a 5.4 se tiene que  $4.56 < 5.4$  por lo cual se declara que hay una diferencia no significativa. Se subraya entonces la segunda media mayor con la penúltima menor y se asigna otra letra diferente. El subrayado evita la realización de pruebas entre medias que están ya conectadas por una línea. Es decir, existe una regla de excepción utilizada con la prueba de rango múltiple de Duncan. Esta establece que una diferencia entre dos medias no puede declararse significativa si ambas medias están conectadas en un subconjunto de medias con un rango no significativo. Por ejemplo, si entre 5 medias en una arreglo ordenado A se ha encontrado no significativamente diferente de D, (si tenemos por ejemplo, ABCDE), y B se ha encontrado significativamente diferente de E, entonces no es necesario probar B contra C y D puesto que estas se encuentran en un subconjunto con un rango no significativo.

El próximo paso consistirá en probar C contra E y si la diferencia no es significativa, C y E se conectan, A B C D E,  
a b

resultando innecesarias pruebas ulteriores.

De esta manera las medias conectadas por la misma línea o seguidas por una letra común, no son significativamente diferentes en el nivel de 5%. El uso de letras permite ver más claramente tales diferencias, incluso cuando las medias no están ordenadas.

Resumiendo tenemos:

cd	bod	abc	ab	a
96.55	100.09	100.90	104.65	106.159
_____		_____a		
_____c			_____b	
_____d				

$106.15 - 96.55 = 9.59$  que es  $> 5.7$  Se tiene entonces una diferencia significativa. Luego se tiene  $106.15 - 100.09 = 6.06$  que es  $> 5.6$  A continuación se tiene  $106.15 - 100.90 = 5.25$  que es  $< 5.4$  Esta es una diferencia no significativa. Después  $104.65 - 100.09 = 4.56$  que es  $< 5.4$  Esta es otra diferencia no significativa. Asimismo,  $109.90 - 96.55 = 4.3 < 5.4$  Diferencia no significativa, y finalmente  $100.09 - 96.55 = 3.5$  que es  $< 5.2$  por tanto, se trata de una diferencia no significativa.

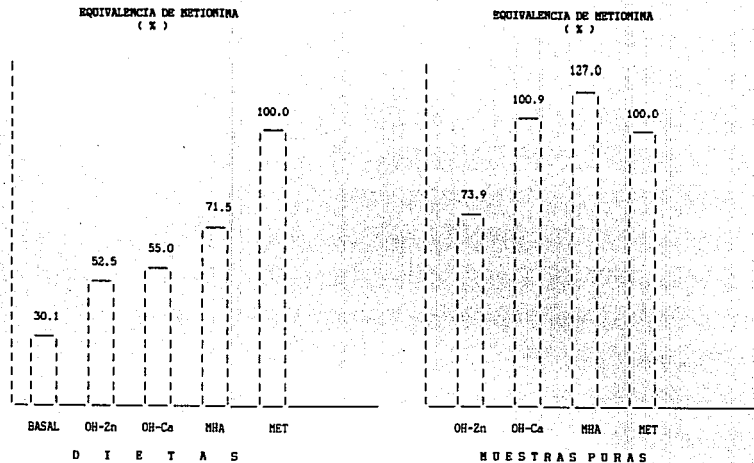
## VII. RESULTADOS Y DISCUSION.

### Análisis de metionina e hidroxianálogos.

Antes de proceder a comparar la respuesta biológica del pollo de engorda, se determinó en primer término, que la dieta basal empleada en el presente estudio (Cuadro 2) fuese realmente deficiente en metionina y que las dietas experimentales tuviesen la cantidad agregada (0.30%) de metionina e hidroxianálogos. Para tal efecto, se hizo uso del método colorimétrico (21), el cual se probó inicialmente con los compuestos puros (Cuadro 4).

Ahora bien, la Figura 5 muestra los histogramas de equivalencia de los hidroxianálogos agregados a las dietas de iniciación, así como de las muestras puras. En la misma figura se presenta la ecuación de regresión obtenida con la curva estándar de metionina pura. Esta misma se usó para calcular la equivalencia de metionina de los hidroxianálogos mezclados en las dietas así como de las muestras puras. Los datos usados se presentan en el Cuadro 4. De esta manera los microgramos equivalentes de metionina se calcularon como sigue: los valores de absorbancia de las muestras se substituyeron en la ecuación de regresión (X), el resultado obtenido (Y) se multiplicó por 100 (aforo), y se dividió entre 2 (alícuota). Mientras tanto, el porciento determinado de metionina en las dietas (Cuadro 4), se obtuvo dividiendo los microgramos de metionina equivalente entre los microgramos de dieta-muestra, multiplicando después por 100. Así, dando un valor de 100 a la dieta con metionina pura, se obtuvieron los respectivos porcentajes de equivalencia de los hidroxianálogos (parte superior del Cuadro 4).

Por otra parte, para obtener los miligramos de muestra pura su correspondiente valor de absorbancia, se substituyó directamente en la ecuación de regresión. Como se obtiene un resultado en microgramos, este se transformó a miligramos (parte inferior del Cuadro 4). En tanto que, la cantidad determinada de metionina se obtuvo dividiendo los miligramos calculados de hidroxianálogo entre los miligramos de muestra empleados en el análisis, multiplicando después por 100.



ECUACION DE REGRESION OBTENIDA CON LA CURVA ESTANDAR DE METIONINA PURA

$$Y = 117.09 + 1865.09X \quad ; \quad r = 0.96 \quad \text{donde } Y = \mu\text{g de metionina}$$

$$X = \text{Absorbancia}$$

FIGURA 3. HISTOGRAMAS DE EQUIVALENCIA DE LOS HIDROXIANALOGOS BAJO ESTUDIO INCORPORADOS A UNA DIETA DE INICIACION SORGO-SOYA Y DE MUESTRAS PURAS.

CUADRO 4. EQUIVALENCIA DE METIONINA DE LOS HIDROXIANALOGOS BAJO ESTUDIO EN LAS DIETAS DE INICIACION Y DE MUESTRAS PURAS.

Dieta	Dieta Muestra	Metionina Equivalente	Absorbancia	Cantidad determinada de Metionina en las dietas	Equivalencia de Metionina
	( g )	( µg )	$\bar{x}$	( % )	( % )
Basal	10.540	7907.2	0.022	0.075	30.1
OH-Zn	10.576	13785.0	0.085	0.130	52.2
OH-Ca	10.238	13972.0	0.087	0.137	55.0
MHA	10.438	18543.5	0.136	0.178	71.5
Metionina Pura	9.949	24795.0	0.203	0.249	100.0

Muestra Pura	mg de Muestra Pura	Absorbancia	mg Calculados con la ec. de regresion	Cantidad determinada de Metionina en las muestras	Equivalencia de Metionina
		$\bar{x}$		( % )	( % )
OH-Zn	50.0	0.275	31.5785	63.15	73.87
OH-Ca	58.0	0.473	50.0155	86.23	100.87
MHA	50.0	0.518	54.2515	108.50	127.00
Metionina	60.0	0.487	51.2938	85.49	100.00

Finalmente, la equivalencia de metionina de las muestras puras se obtuvo en igual forma que como se hizo con los hidroxianálogos agregados en las dietas.

Los resultados mostrados en la parte superior del Cuadro 4 indican que la cantidad determinada de metionina hidroxí análogo (MHA) dió un valor inferior en comparación con el obtenido con la dieta conteniendo metionina pura (a la que designamos 100%). Es decir, si consideramos que 0.30% fué la cantidad agregada en todos los tratamientos (Cuadro 2), tanto de metionina pura como de hidroxianálogos, se podrá ver que el MHA dió un valor inferior en la determinación. Esto implica que posiblemente el hidroxianálogo no se extrajo adecuadamente de la dieta por lo cual el método no lo detectó en su totalidad, de cualquier forma no se excluye una posible interacción de este con algún otro componente dentro de la misma dieta. Sin embargo, se puede ver que los hidroxianálogos de zinc y calcio dieron también valores muy inferiores respecto a la cantidad agregada, por lo cual el método tampoco los detectó en su totalidad.

Es muy probable que estos resultados se deban a que los hidroxianálogos no se hayan extraído adecuadamente y esta sea tal vez la razón por la cual el método no los detectó totalmente.

De acuerdo a lo informado por Cuca et al., (9) se sabe que 0.30 es el porcentaje aproximado de metionina en dietas sorgo-soya no adicionadas con dicho aminoácido. Más aun, si consideramos que este mismo porcentaje fué agregado a todas las dietas experimentales, entonces se podrá ver que los resultados obtenidos en el presente estudio son muy inferiores respecto al valor mencionado anteriormente lo cual indica que el método no funcionó. No obstante, se puede ver que la dieta uno dió un valor inferior en la determinación (0.075%) comparado con el obtenido con la dieta que contenía metionina pura lo que muestra que la dieta basal (o dieta uno) fue, al menos, deficiente en metionina (Cuadro 2).

Por otra parte, si se observa la parte inferior del Cuadro 4, se verá que las muestras puras también dieron valores bajos en la determinación respecto a la cantidad agregada lo cual puede significar impurezas o bien, que el método no los detectó en su totalidad. En suma, estos resultados nos llevan a lo siguiente.

Inicialmente se supuso que el método cuantificaba por igual a la metionina y a los hidroxianálogos agregados a las dietas, pero como se pudo observar, el método no cuantificó la totalidad de los hidroxianálogos en ninguno de los dos casos, es decir, ni como muestras puras ni al encontrarse mezclados en las dietas por lo cual se concluye que, el método del nitroprusiato de sodio no es adecuado para cuantificar metionina e hidroxianálogos en dietas sorgo-soya para pollos. En su caso, habrá que estandarizar más el método aplicado, emplear muestras realmente puras, así como mejorar el método de extracción.

Por otra parte, se determinó el contenido de proteína empleado en las dietas de iniciación, encontrándose un valor de 21.5% el cual está de acuerdo a lo señalado por Cuca et al., (9).

#### Experimento biológico.

En el experimento se empleó una dieta basal deficiente (Cuadro 2) que se comparó con cuatro dietas adicionadas con cantidades similares (0.30%) de metionina e hidroxianálogos. Las dietas se describieron en Materiales y Métodos.

Los Cuadros de 5 a 8 muestran los resultados obtenidos de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia obtenidos durante el periodo experimental de iniciación (0 a 4 semanas de edad).

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en respuesta biológica para las variables ganancia de peso y conversión alimenticia (Cuadro 5) en la primer semana de estudio.

No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en las siguientes semanas para consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia (Cuadros 6, 7 y 8).

Por otra parte, no se observó ningún efecto significativo ( $P > 0.05$ ) en el peso vivo de las aves empleadas en el periodo de finalización (Cuadro 10).



CUADRO 5. EFECTO DE ADICIONES SIMILARES DE HIDROXIANALOGOS DE METIONINA SOBRE LA RESPUESTA BIOLÓGICA DEL POLLO DE ENGORDA DE 3 A 12 DÍAS DE EDAD.

Dieta**	Fuente de Metionina	Cantidad Agregada (% de la dieta)	Ganancia de peso promedio (g/ ave)	Consumo de alimento (g/ ave)	Conversion Alimenticia*
1	BASAL	---	96.55 <sup>cd</sup>	154.41	1.60 <sup>d</sup>
2	OH-Zn	0.30	100.90 <sup>abc</sup>	148.67	1.47 <sup>a</sup>
3	OH-Ca	0.30	100.09 <sup>bcd</sup>	146.80	1.46 <sup>ab</sup>
4	MHA	0.30	106.15 <sup>a</sup>	149.39	1.40 <sup>abc</sup>
5	METIONINA	0.30	104.66 <sup>ab</sup>	151.17	1.44 <sup>abc</sup>

\* Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

\*\* Las medias de cada dieta se compararon empleando la prueba de comparación múltiple de Duncan según se indicó en Materiales y Métodos.

CUADRO 6. EFECTO DE ADICIONES SIMILARES DE HIDROXIANALOGOS DE METIONINA SOBRE LA RESPUESTA BIOLÓGICA DEL POLLO DE ENGORDA DE 3 A 19 DIAS DE EDAD.

Dieta	** Fuente de Metionina	Cantidad Agregada (% de la dieta)	* Ganancia de peso promedio (g/ ave)	* Consumo de alimento (g/ ave)	* Conversion Alimenticia
1	BASAL	---	259.65	451.73	1.74
2	OH-Zn	0.30	246.90	447.34	1.82
3	OH-Ca	0.30	259.39	448.43	1.74
4	MHA	0.30	278.25	443.86	1.59
5	METIONINA	0.30	275.21	454.77	1.65

\* No se detectaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ )

\*\* La composición de las dietas se describió en Materiales y Métodos.

CUADRO 7. EFECTO DE ADICIONES SIMILARES DE HIDROXIANALOGOS DE METIONINA SOBRE LA RESPUESTA BIOLÓGICA DEL POLLO DE ENGORDA DE 3 A 26 DÍAS DE EDAD.

Dieta	** Fuente de Metionina	Cantidad Agregada (% de la dieta)	* Ganancia de peso promedio (g/ ave)	* Consumo de alimento (g/ ave)	* Conversión Alimenticia
1	BASAL	---	459.95	873.12	1.90
2	OH-Zn	0.30	475.89	908.26	1.91
3	OH-Ca	0.30	474.08	799.51	1.69
4	MHA	0.30	483.51	906.64	1.87
5	METIONINA	0.30	477.99	821.17	1.72

\* No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ).

\*\* La composición de las dietas se describió en Materiales y Métodos.

CUADRO 8. EFECTO DE ADICIONES SIMILARES DE HIDROXIANALOGOS DE METIONINA SOBRE LA RESPUESTA BIOLÓGICA DEL POLLO DE ENGORDA DE 3 A 33 DÍAS DE EDAD.

Dieta **	Fuente de Metionina	Cantidad Agregada (% de la dieta)	Ganancia de peso promedio (g/ ave)	Consumo de alimento (g/ ave)	Conversión Alimenticia *
1	BASAL	---	684.40	1364.57	1.99
2	OH-Zn	0.30	732.82	1520.59	2.07
3	OH-Ca	0.30	718.43	1357.23	1.89
4	MHA	0.30	725.63	1431.40	1.97
5	METIONINA	0.30	736.93	1309.25	1.78

\* No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ )

\*\* La composición de las dietas se describió en Materiales y Métodos.

### Ganancia de peso.

Los resultados obtenidos indican que la adición de metionina y metionina hidroxí análogo (MHA) a las dietas de iniciación produjo un efecto positivo y estadísticamente significativo ( $P < 0.05$ ) sobre la respuesta biológica en términos de la ganancia de peso (Cuadro 5).

En este sentido, se puede observar que los pollos que fueron alimentados con la dieta adicionada con metionina hidroxí análogo (dieta cuatro) ganaron más peso ( $P < 0.05$ ) que aquellos pollos alimentados con la dieta basal deficiente (dieta uno), mientras que los pollos alimentados con dietas adicionadas con los hidroxianálogos de calcio y zinc (dietas dos y tres) obtuvieron ganancias de peso similares entre sí ( $P > 0.05$ ), pero intermedias entre pollos que recibieron la dieta basal deficiente (dieta uno) y aquellos que consumieron las dietas adicionadas con MHA y metionina pura (dietas cuatro y cinco). Así se ve, que los pollos alimentados con dietas adicionadas con MHA y metionina pura (dietas cuatro y cinco) mostraron mejores ganancias ( $P < 0.05$ ) que aquellos que fueron alimentados con la dieta basal deficiente.

Asimismo, los pollos a los que se alimento con la dieta basal deficiente obtuvieron una menor ganancia de peso en relación con el resto de los pollos lo que puede explicar hasta cierto punto, la deficiencia de metionina en dietas a base de soya.

En suma, los datos acumulados hasta la cuarta semana indican que todos los pollos que fueron alimentados con las dietas experimentales, crecieron mejor ( $P < 0.05$ ) que el grupo testigo deficiente (Cuadro 8).

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio es posible concluir que, la metionina hidroxí análogo (MHA) mostró que es una aceptable fuente de metionina cuando se agrega a dietas sorgo-soya deficientes en metionina.

Es posible considerar que tanto el MHA como la metionina pura sean tan efectivos como los hidroxianálogos de calcio y zinc.

Por su parte, con base en lo observado en el periodo de finalización (5 a 9 semanas de edad) se puede ver que la adición de hidroxianálogo de calcio y metionina pura a las dietas, no produjo ningún efecto significativo ( $P > 0.05$ ) en el peso vivo de los pollos (Cuadro 9).

De acuerdo con esto, es posible concluir que el hidroxianálogo de calcio es tan efectivo como la metionina pura, cuando ambos se agregan a dietas sorgo-soya de finalización deficientes en el aminoácido.

Por otro lado, es importante mencionar que el propósito de ampliar el experimento a la novena semana, fué para permitir las observaciones en el peso vivo de los pollos, postulando que no habría diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) al adicionar hidroxianálogo de calcio y metionina pura en su dieta. Esta suposición se basó en los resultados obtenidos en la fase experimental de iniciación (0 a 4 semanas de edad) con el hidroxianálogo de calcio.

Los resultados obtenidos en el presente estudio están de acuerdo a lo informado por Greger et al. (15); Romoser et al. (25) y Waldroup et al. (41) quienes encontraron que el MHA fué igualmente tan efectivo como la metionina, cuando ambos se agregaron a dietas prácticas para pollos en cantidad equimolar. Sin embargo, Schutte y van Weerden (28) informaron que la sal de calcio del hidroxianálogo de metionina fué casi tan efectivo como la metionina cuando este se agregó a dietas prácticas maíz-soya en cantidad equimolar. Una conclusión similar fué dada por Katz y Baker (18) quienes al emplear dietas purificadas encontraron que la sal de calcio del hidroxianálogo fué 88% tan efectiva como la metionina cuando ambos se agregaron mol a mol.

CUADRO 9. EFECTO DE ADICIONES SIMILARES DE HIDROXIANALOGO DE CALCIO Y METIONINA PURA SOBRE EL PESO VIVO DE POLLOS DE ENGORDA DE 68 DIAS DE EDAD (FASE DE FINALIZACION)

SEMANA	D I E T A S **		
	* BASAL PESO VIVO (Kg/ ave)	* OH-Ca PESO VIVO (Kg/ ave)	* METIONINA PURA PESO VIVO (Kg / ave)
5	0.9445	0.9945	0.9750
6	1.2593	1.3213	1.3005
7	1.6034	1.5905	1.6384
8	2.0124	2.0635	1.9748
9	2.2573	2.2446	2.2109

\* No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ )

\*\* La composición de las dietas se describió en Materiales y Métodos.

### Consumo de alimento.

Los datos de este estudio indican que la metionina e hidroxianálogos agregados a las dietas de iniciación, no afectó el consumo de alimento ( $P > 0.05$ ). En algunos casos, los pollos que recibieron la dieta basal deficiente mostraron un mayor consumo que aquellos que fueron alimentados con las dietas adicionadas con metionina y sus hidroxianálogos. No obstante, el análisis de varianza mostró que no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en esta variable durante el periodo experimental de iniciación.

### Conversión alimenticia.

El análisis de varianza mostró que el efecto de los hidroxianálogos sobre la respuesta biológica en la variable conversión alimenticia fué significativa ( $P < 0.05$ ) en la primera semana de estudio (Cuadro 5).

Se observó que la dieta adicionada con MHA (dieta cuatro) fué mejor ( $P < 0.05$ ) que la dieta basal deficiente (dieta uno), pero muy similar ( $P > 0.05$ ) a la dieta adicionada con metionina pura (dieta cinco).

Asimismo, se puede observar que la dieta basal deficiente dió un valor alto de conversión alimenticia ( $P < 0.05$ ). Existe una clara diferencia entre pollos que recibieron dietas adicionadas con metionina e hidroxianálogos y aquellos que fueron alimentados con la dieta basal deficiente (Cuadro 5). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) después de la primera semana de estudio (Cuadros 6, 7 y 8).



Por otra parte, al calcular la eficiencia alimenticia se encontró que los hidroxianálogos dieron valores superiores al 90% (Cuadro 10). Es posible comparar estos resultados a los obtenidos por Bishop y Halloran (5) quienes al comparar la respuesta de los pollos, encontraron que la sal de calcio del hidroxianálogo mostró una función equivalente a la de la metionina cuando ambos se emplearon en cantidad equimolar.

En suma, de acuerdo a los resultados obtenidos se puede ver que el hidroxianálogo de calcio mostró que es un posible sustituto de la metionina cuando se agrega a dietas sorgo-soya para pollos no así el hidroxianálogo de zinc para el cual habrá que hacer estudios más precisos, mejorando métodos químicos de extracción y determinación. Por su parte, el MHA mostró ser una aceptable fuente de metionina cuando se agrega a dietas a base de soya.

Por otra parte, con base en los resultados de la revisión de literatura se pudo observar que, existen polémicas discusiones cuando se desea comparar la efectividad del hidroxianálogo con la metionina.

A este respecto, Tripton et al. (37) mencionan que la "dieta tipo" usada, ha sido el factor principal de las continuas discusiones surgidas en la literatura cuando se compara la equivalencia nutricional de la metionina y su hidroxianálogo. Se agrega además que, muy posiblemente, la composición de la dieta basal influye en la eficiencia de las formas comerciales del hidroxianálogo. No obstante, Smith (31), van Weerden et al., (39) así como Boebel y Baker (7) señalan que, no es la composición de la dieta basal "per se" la que influye en la eficiencia del hidroxianálogo, sino las diferencias en los niveles de metionina y en el contenido total de aminoácidos azufrados cuando éstos se agregan a dietas prácticas y purificadas para evaluar su bioefectividad. De acuerdo con esto, Elkin y Hester (38) mencionan que cuando se usan dietas prácticas, la proteína proporciona ya entre un 80 a un 90 por ciento de los requerimientos de aminoácidos azufrados del pollo, dejando sólo una mínima parte para ser cubierta por la fuente de metionina examinada por lo que las diferencias entre tratamientos experimentales será pequeña y difícil de detectar.

CUADRO 10. EFICIENCIA ALIMENTICIA DE LOS HIDROXIANALOGOS DE METIONINA EN RELACION A LA ACTIVIDAD DE METIONINA (PRIMERA SEMANA).

Dieta **	Fuente de Metionina	Eficiencia Alimenticia (%) *	Asignando el valor 100 a 71.1 (%)
1	BASAL	62.5 <sup>a</sup>	88.0
2	OH-Zn	67.8 <sup>bcd</sup>	95.4
3	OH-Ca	68.2 <sup>bcd</sup>	96.0
4	MHA	69.1 <sup>bc</sup>	97.2
5	METIONINA	71.1 <sup>e</sup>	100.0

\* La composición de las dietas se describió en Materiales y Métodos.

\*\* Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

En cambio cuando se usan dietas purificadas, una gran parte de los requerimientos de aminoácidos azufrados proviene de la fuente de metionina examinada, de manera que las diferencias entre tratamientos será más grande y muy posible de detectar.

### VIII. CONCLUSIONES.

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio y bajo las condiciones experimentales del mismo, se concluye lo siguiente:

La adición de metionina pura e hidroxianálogos a las dietas de iniciación afectó significativamente ( $P < 0.05$ ) la respuesta biológica del pollo de engorda en las variables ganancia de peso y conversión alimenticia en la primera semana de estudio (Cuadro 5).

La metionina pura y la metionina hidroxí análogo produjeron los mejores resultados en ganancia de peso y en conversión alimenticia respecto a la dieta basal deficiente.

El consumo de alimento no se vió afectado ( $P > 0.05$ ) por la cantidad agregada (0.30%) de hidroxianálogos.

No se encontró ningún efecto significativo ( $P > 0.05$ ) sobre la respuesta biológica del pollo de engorda de iniciación debido a la cantidad agregada de hidroxianálogos después de la primera semana de estudio (Cuadros 6, 7 y 8).

La adición de metionina pura e hidroxianálogo de calcio a las dietas de finalización, no produjo efectos significativos ( $P > 0.05$ ) en el peso vivo de los pollos (Cuadro 9).

Los hidroxianálogos de metionina produjeron mejores eficiencias biológicas ( $P < 0.05$ ) respecto a la dieta basal deficiente (Cuadro 10), pero peores respecto a la dieta con metionina pura ( $P > 0.05$ ).

Es posible la substitución de metionina por metionina hidroxí análogo e hidroxianálogo de calcio en dietas sorgo-soya para pollos.

# ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

49

## IX. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Adler, M. E. y V. A. Casarin. 1983. Algunas consideraciones sobre el problema de la DL-metionina en Mexico. Memorias de la VIII Convencion anual de la ANECA. Mexico: 145 p.
- 2.- Baker, D. H. 1976. Nutritional and metabolic interrelationships among sulfur compounds in avian nutrition. Federation Proceedings. 35:1917.
- 3.- Baker, D. H. 1977. Sulfur in nonruminant nutrition. National Feed Ingredients Association. Iowa.
- 4.- Bauriedel, W. R. 1983. The effect of feeding D-methionine on the D-amino acid oxidase activity of chick tissues. Poultry Sci. 42:214.
- 5.- Bishop, H. B. and H. R. Halloran. 1977. The effect of methionine or methionine hydroxy analogue supplementation on chick response to total sulfur amino acid intake. Poultry Sci. 56:383.
- 6.- Block, R. J. and Jackson, R. W. 1932. The availability of  $\alpha$ -methio- $\gamma$ -hydroxybutiric acid in supplementing a diet deficient in cystine. J. Biol. chem. 97.
- 7.- Boebel, K. P. and D. H. Baker. 1982. Efficacy of the calcium and free acid forms of methionine hydroxy analogue for chicks. Poultry Sci. 61:1167.
- 8.- Cooper, R. J. L. 1983. Biochemistry of sulfur containing aminoacids. Ann. Rev. Biochem. 52:187.
- 9.- Cuca, G. M., E. Avila y A. Prò. 1982. La alimentación de las aves. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 43. pp.

- 10.- Du Vigneaud, V., G. B. Brown and J. P. Chandler. 1942. The synthesis of 11-S( $\beta$ -amino- $\beta$ -carboxyethyl) homocysteine and the replacement by it of cystine in the diet. J. Biol. Chem. 143:59.
- 11.- Ellinger, G. M. and A. Duncan. 1976. The determination of methionine in proteins by gas liquid chromatography. Biochem J. 155:615.
- 12.- Ewing, R. W. 1968. Poultry Nutrition. The Ray Ewing Company. Publish Fifth Edition. Pasadena, California. pp 233-247.
- 13.- Finkelstein, J. D., and S. H. Mudd. 1967. Trans-sulfuration in mammals. The methionine-sparing effect of cystine. J. Biol. Chem. 242:873.
- 14.- Finlayson, A. J. and S. L. McKenzie. 1976. A rapid method for methionine determination in plant materials. Analytical Biochemistry. 70:397.
- 15.- Greger, G. R., J. R. Couch, and H. L. Ernest. 1968. Methionine hydroxylanalogues and L-methionine in broiler diets. Poultry Sci. 47:229-232.
- 16.- Inglis, A. S. and P. Edman. 1970. Mechanism of cyanogen bromide reaction in peptides and proteins. Analytical Biochemistry. 37:73.
- 17.- Jackson, R. W., and R. J. Block. 1932. The metabolism of cystine and methionine. The availability of methionine in supplementing a diet deficient in cystine. J. Biol. Chem. 98:469.
- 18.- Katz, R. S., and D. H. Baker. 1975. Efficacy of D-, L- and DL-methionine for growth of chicks fed crystalline amino acid diets. Poultry Sci. 54:667.

- 19.- Lehninger. A. L. 1976. Biochemistry. 2nd. Ed. Worth Publishers Inc. New York.
- 20.- Mertz. T. Edwin. 1971. Bioquímica. Publicaciones Cultural. S. A. Primera edición. México, D.F. pp. 352.
- 21.- McCarthy, T. E., and Sullivan. M. X. 1941. Estimation of methionine hydroxy analogue of food products. J. Biol. Chem. 141:871.
- 22.- Meister. A. 1968. Biochemistry of amin acids. Academic Press., Inc. London. 2nd. New York. Vol. 1.
- 23.- Murillo. M. G. y L. S. Jensen. 1977. Equivalencia y utilización de la DL-metionina y su hidroxianálogo en dietas para pollos y pavos. Efecto sobre la incidencia y severidad de la dermatitis plantar en pavos jóvenes. Agron. Cost. 1:43.
- 24.- NRC. 1977. Nutrient Requirements of Poultry. National Academic of Sciencies 7th. Washington. D.C., U.S.A.
- 25.- Romoser. G. L., Wright and R. B. Grainger. 1976. An evaluation of the L-methionine Activity of the hydroxy analogue of methionine. Poultry Sci. 55:1099-1103.
- 26.- Ruiz, L. B. Cervantes, M. S. H. y Balconi, R. I. 1983. Efecto de la suplementación con azufre elemental y sulfatos sobre el requerimiento total de metionina en el pollo de engorda. Mesa Redonda sobre Metionina. ANECA.. Mexico.
- 27.- Schutte. J. B. and E. J. Van Weerden .1981. Effectiveness of methionine hydroxy analogue in comparison with DL-methionine in broilers. Feedstuffs. 53:16. 29.
- 28.- Shutte. J. B. Weerden. E. J. Van. 1987. Effectiveness of methionine hydroxy analogue as affected by the dietary level of L-methionine in chicks. Nutrition Reports International. 36:253-254.

- 29.- Scott, M. L. , Ph. D. and Nesheim, M. C., Ph. 1987. Nutrition of the Chicken. 3th. Published M:L. Scott & Assoc. Ithaca, New York. 453 p.
- 30.- Simmonds, S., M. Cohn, J. P. Chandler and V. du Vigneaud. 1943. The utilization of methyl groups of choline in the biological synthesis of methionine. J. Biol. Chem. 149:519.
- 31.- Smith, R. E. 1966. The utilization of L-methionine , DL-methionine and methionine hydroxy analogue by the growing chick. Poultry Sci. 45:571-577.
- 32.- Sosa, M. E. 1979. Manual de procedimientos analiticos para alimento de consumo animal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- 33.- Sosa, M. E. 1985. Sulfato de sodio en la alimentación del pollo de engorda. Tesis. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 34.- Spindler, M. and D. L. Wicker. 1984. Research test bioefficacy of methionine substitutes. Feedstuffs, January 30:37.
- 35.- Stecher, P. G., Editer. 1968. The Merck Index. 8th. Ed. Merck and Co. Inc. Rahway, New York.
- 36.- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1982. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Co., Inc. New York.
- 37.- Tripton, R. C. B. C. Dilworth, and E. J. Day. 1965. The relative biological value of DL-methionine hydroxy analogue in chick diets. Poultry Sci. 44:987-992.
- 38.- Twining, P. F., and H. W. Hochstetler. 1982. Performance of broilers fed levels of supplementation wiyh either DL-methionine or methionine hydroxy analog. Feedstuffs. 54:(113):21-22.



- 39.- Van Weerden, E. J., H. L. Bertran and J. B. Shutte. 1982. Comparison of DL-methionine, DL-methionine-Na, DL-methionine hydroxy analogue-Ca and DL-methionine hydroxy analogue free acid in broilers using a crystalline amino acid diet. Poultry Sci. 61:1125-1130.
- 40.- Van Weerden, E. J., and J. B. Schutte. 1983. DL-methionine hydroxy analogue free acid in broiler diets. Poultry Sci. 62:1265-1267.
- 41.- Waldroup, P. W. C. J. Mabray, J. R. Blackma, P. J. Slagter, R. J. Short and Z. B. Johnson. 1981. Effectiveness of the free acid of methionine hydroxy analogue as a methionine supplement in broiler diets. Poultry Sci. 60:438.

## ANEXO A

## CUADROS Y FIGURAS

CUADRO		PAG.
1	Calendario de vacunación para pollo de engorda aplicado en el Laboratorio de Nutrición.	22
2	Composición de las dietas del experimento.	26
3	Composición de las dietas de finalización.	28
4	Equivalencia de metionina de los hidroxianálogos bajo estudio en las dietas de iniciación y de muestras puras.	33
5	Efecto de adiciones similares de hidroxianálogos de metionina sobre la respuesta biológica del pollo de engorda de 3 a 12 días de edad.	37
6	Efecto de adiciones similares de hidroxianálogos de metionina sobre la respuesta biológica del pollo de engorda de 3 a 19 días de edad.	38
7	Efecto de adiciones similares de hidroxianálogos de metionina sobre la respuesta biológica del pollo de engorda de 3 a 26 días de edad.	39
8	Efecto de adiciones similares de hidroxianálogo de metionina sobre la respuesta biológica del pollo de engorda de 3 a 33 días de edad.	40
9	Efecto de adiciones similares de hidroxianálogo de calcio y metionina pura sobre el peso vivo de pollos de engorda de 68 días de edad.	43

10	Eficiencia de los hidroxianálogos en relación con la actividad de metionina.	46
----	--	----

FIGURA		PAG.
1	Transformación de la D-metionina a L-metionina por transaminación.	13
2	Metabolismo de metionina en animales.	15
3	Estructura química de la metionina y sus hidroxianálogos.	17
4	Conversión del hidroxianálogo de metionina (Ca) a L-metionina.	18
5	Histogramas de equivalencia de metionina de los hidroxianálogos bajo estudio incorporados a una dieta de iniciación y de muestras puras.	34

ANEXO B

Tabla 1. Datos obtenidos de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia de la población de aves bajo estudio (Primera Semana).

Tratamiento	No. Aves	Peso Inicial por ave $\bar{x}$ (g/ave)	Ganancia de peso/ave $\bar{x}$ (g/ave)	Consumo de alimento $\bar{x}$ (g/ave)	Conversión Alimenticia
1R1	7	65.83	101.46	165.40	1.63
1R2	7	65.70	94.64	155.61	1.65
1R3	8	65.33	97.05	150.01	1.55
1R4	7	64.98	98.03	158.19	1.61
1R5	8	65.59	91.79	142.85	1.56
2R1	8	65.31	101.19	149.98	1.48
2R2	7	65.98	100.60	155.10	1.54
2R3	8	65.71	102.21	144.79	1.42
2R4	8	64.90	99.98	143.56	1.44
2R5	7	65.61	100.53	149.90	1.49
3R1	8	65.60	100.53	141.23	1.40
3R2	7	65.04	101.60	150.11	1.47
3R3	8	65.81	107.56	153.54	1.43
3R4	8	65.63	89.30	133.91	1.50
3R5	8	65.61	101.39	155.23	1.53
4R1	8	65.59	102.66	141.91	1.38
4R2	7	65.29	106.71	163.26	1.53
4R3	7	65.36	109.21	156.33	1.43
4R4	8	65.71	101.53	132.86	1.31
4R5	8	65.98	110.65	152.60	1.38
5R1	7	65.70	103.59	156.54	1.51
5R2	8	65.29	105.96	147.85	1.40
5R3	8	65.24	106.26	153.60	1.45
5R4	8	65.05	105.20	154.84	1.47
5R5	8	65.48	102.28	143.03	1.40

ANEXO C

Tabla 2. Efecto de adiciones similares de hidroxianálogo de calcio y metionina pura sobre el peso vivo de pollos de engorda de 68 días de edad.

Tratamiento Sin Metionina		Tratamiento Hidroxianálogo de Ca		Tratamiento Metionina Pura	
Núm. Aves	Peso vivo (g/ave)	Núm. Aves	Peso vivo (g/ave)	Núm. Aves	Peso vivo (g/ave)
1	1509.50	1	1617.50	1	1959.60
2	2177.50	2	1277.50	2	2294.50
3	2562.50	3	2054.50	3	2339.60
4	2311.50	4	1989.50	4	1854.60
5	2144.50	5	2239.50	5	1944.60
6	2521.50	6	1613.50	6	1718.60
7	2069.50	7	2164.50	7	2408.60
8	2288.50	8	1828.50	8	2219.60
9	2104.50	9	1778.50	9	2014.60
10	2463.50	10	2329.50	10	2054.60
11	1623.50	11	2333.50	11	2194.60
12	1969.50	12	1934.50	12	1924.60
13	2363.50	13	2134.50	13	1854.60
14	2239.50	14	2244.50	14	1994.60
15	2289.50	15	2319.50	15	2014.60
16	2034.50	16	1823.50	16	2304.60
17	1818.50	17	2984.50	17	2526.60
18	2456.50	18	2159.50	18	1999.60
19	2104.50	19	2334.50	19	1949.60
20	2174.50	20	2269.50	20	2521.60
21	2726.50	21	2104.50	21	2069.60
22	2093.50	22	2269.50	22	1929.60
23	2666.50	23	2546.50	23	2049.60
24	2250.50	24	2806.50	24	1849.60
25	2640.50	25	2766.50	25	2610.60
26	2620.50	26	2615.50	26	2540.60
27	2515.50	27	2640.50	27	2650.60
28	2465.50	28	2751.50	28	2295.60
		29	2731.50	29	2425.60
		30	2545.50	30	2594.60
		31	2500.50	31	2555.50
		32	2802.50	32	2625.60
		33	2470.50	33	2670.60

$\bar{X} = 2257.36$

$\bar{X} = 2244.68$

$\bar{X} = 2210.96$