



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**RESPUESTA PRODUCTIVA A LA ADICIÓN DE HIDROXIANÁLOGO
DE METIONINA LÍQUIDA (MHA-FA) O DE DL-METIONINA EN LA
DIETA DE GALLINAS DE POSTURA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PRESENTA

LANDEROS PLIEGO MAURICIO

ASESORES:

MVZ Dr. Benjamín Fuente Martínez

MVZ MSc. Ernesto Ávila Gonzales

Cd. Mx

2017



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.

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo incondicional, por escucharme siempre y estar conmigo cuando más lo necesito.

Gracias.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, así como a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por ser mi segunda casa y otorgarnos una formación incomparable y superior.

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola, por darme las herramientas necesarias y complementar mi formación académica. Gracias a los doctores Pilar, Tomas, Analía, Ezequiel, Alma, Jorge, David, Oscar y Montserrat que me ayudaron a mi formación dentro de este centro,

A mi asesor Dr. Ernesto Ávila por todos sus consejos y por brindarme la oportunidad de estar al frente de este proyecto.

A mi asesor Dr. Benjamín Fuente por siempre estar dispuesto a apoyarme en cualquier proyecto que tenga en mente, por su paciencia al enseñar y su gran vocación de investigador.

A todo el Jurado, por recibirme siempre con los brazos abiertos para cualquier aclaración y darse el tiempo necesario para darme sus correcciones.

Al Dr. Roberto Santiago Gómez por confiar en mí y permitirme llevar este proyecto a cabo.

A mi padre Alejandro Landeros Cruz, por siempre apoyarme tanto personal como económicamente para lograr mis metas, pero sobre todo por enseñarme a cómo enfrentar la vida.

A mi Madre María del Rosario Pliego Tamayo, por procurar siempre darme lo mejor, por apoyarme en todo lo que me proponga y por amarme incondicionalmente.

A mi hermana Alejandra Landeros Pliego, por siempre creer en mí y darme ánimo cuando más lo necesito, por siempre decirme que estas orgullosa de mí. Yo también estoy orgulloso de ti; mucho éxito en esta nueva etapa de madre.

A Vanessa Wittke por estar a mi lado en los momentos más difíciles y los más felices de mi vida, por tu apoyo y amor en todo momento.

A toda mi familia que siempre me ha apoyado en especial a Tanya y Daniel Landeros que siempre tendrán un lugar en mi corazón.

A mis mejores amigos que ahora son mi segunda familia Daniel Arcia y Marcelino Ángeles.

A mis amigos de la Facultad, Diego de Pedro, Vivian Melendez, Alejandra Solis, Alejandra Pico y Anhet Torres, por siempre esforzarnos a ser mejores médicos y apoyarnos en todos nuestros retos académicos y personales.

CONTENIDO

RESUMEN	V
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. HIPÓTESIS	11
4. OBJETIVO GENERAL.....	12
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
6. RESULTADOS	17
7. DISCUSIÓN	20
8. CONCLUSIONES	24
9. REFERENCIAS	25
10. CUADROS	29
11. FIGURAS.....	33

RESUMEN

LANDEROS PLIEGO MAURICIO. Respuesta productiva a la adición de Hidroxianálogo de metionina líquida (MHA-FA) o de DL-Metionina en la dieta de gallinas de postura. (Bajo la dirección del MVZ Dr. Benjamín Fuente Martínez y MVZ MSc. Ernesto Ávila Gonzales)

Con el objeto de evaluar el comportamiento productivo de la gallina de postura a la adición de dos diferentes niveles de DL-Metionina sintética y de MHA-FA (650g de DL-Metionina es igual a 1000g de MHA-FA) en la dieta. Se utilizaron 420 gallinas Bovans White de 37 semanas de edad y 20 en producción, las cuales fueron alojadas en jaulas, en una caseta de ambiente natural. Las aves se distribuyeron en un diseño completamente al azar en 5 tratamientos con 7 réplicas de 12 gallinas cada una. Se formularon dietas con base en sorgo + pasta de soya que cumplieron con las necesidades nutricionales de la estirpe de acuerdo con un consumo de 105 g para el perfil de proteína ideal y masa de huevo, con 15% PC, 2781 EM kcal/kg, Lisina Digestible 0.651% y los aminoácidos azufrados digestibles variaron de 0.386 a 0.550 y se adicionó ya sea DL-Metionina o MHA-FA en 0, 50 o 100% para completar las necesidades del ave; el agua se ofreció *ad libitum*. Durante 70 días de experimentación se llevaron registros semanales de porcentaje de postura, peso de huevo (g), masa de huevo ave/día (g), índice de conversión alimentaria (kg:kg), porcentaje de huevo roto y sin cascara (fárfara). Los resultados obtenidos de las variables estudiadas se compararon mediante una prueba de Tukey con una $P < 0.05$. Se observó que el empleo de cualquiera de las fuentes de metionina (DL-Metionina 100% o MHA-FA 65%) se comportaron de manera similar en las variables estudiadas ($P > 0.05$). Las inclusiones de cualquiera de las 2 fuentes de metionina a los diferentes niveles mejoraron los parámetros productivos estudiados. ($P < 0.05$).

1. INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos balanceados para animales mostró un crecimiento de 19%, en los últimos 5 años. Los 5 principales productores de alimento balanceado fueron: China con una producción de 187.2 millones de toneladas, Estados Unidos con 169.68 millones de toneladas, Brasil con 68.93 millones de toneladas, México con 33.88 millones de toneladas y España con 31.85 millones de toneladas fabricadas. El 44% de la producción a nivel mundial fue destinado al sector avícola, siendo este sector el líder de la industria alimentaria, seguido por los cerdos con 27%, 21% por parte de los rumiantes y 8 % por otras especies (Alltech, 2017).

En México se estima que de las 33.88 millones de toneladas de alimento balanceado que se produjeron 9,470 son destinadas a pollo de engorda y 6,600 a gallina de postura, por lo tanto 47% de la producción nacional fue destinada al sector avícola, siendo éste el líder de la industria a nivel nacional, seguido por el ganado lechero con 5,038 millones de toneladas y los cerdos con 4,649 millones de toneladas (Alltech, 2017).

El consumo mundial de aves en 2014 creció 1.6% siendo ésta la segunda carne más consumida a nivel mundial con 108.7 millones de toneladas, la carne de cerdo es la más consumida a nivel mundial con 115.7 millones de toneladas (FAO, 2014).

Los principales países productores de pollo entero son Estados Unidos con 17,971 miles de toneladas, China con 13,400 miles de toneladas, Brasil con 13,146 miles de toneladas, La Unión Europea con 10,620 miles de toneladas e India con 3,900 miles de toneladas (UNA, 2017).

México se ubicó como el sexto productor de pollo entero con 3,275 miles de toneladas siendo los principales estados productores Veracruz (12%), Aguascalientes (11%), Querétaro (10%), la región de la Laguna (9%), Jalisco (7%), Puebla (7%) y Chiapas (7%) (UNA, 2017).

En cuanto a la producción mundial de huevo para plato el 92% es huevo producido por gallinas, el 8% restante corre a cargo por la codorniz, pato, ganso, avestruz, pavo, faisán, entre otras. Los principales países productores de huevo para plato producido por gallinas son China con 931.82 millones de cajas, Estados Unidos con 224.5 millones de cajas, India con 208.8 millones de cajas, México con 119.9 millones de cajas, Rusia con 116.1 millones de cajas de huevo para plato (UNA, 2017).

En México los estados con mayor producción de huevo fueron Jalisco (55%), Puebla (15%), Sonora (8%) y la región de la Laguna (5%) (UNA, 2017).

Respecto al consumo, México se ubicó en el primer lugar con 22.31 kg de huevo per cápita, esto equivale a 330 huevos aproximadamente. Teniendo una producción nacional de 2,637,581 toneladas de huevo de gallina para plato mientras que la importación de huevo viene de Estados Unidos y solo es 0.1% del consumo nacional (UNA, 2017).

El pollo de engorda y la gallina de postura son las ramas más importantes dentro de la avicultura comercial en México, representan el 63.8% de la producción pecuaria donde el pollo contribuyó con el 34.3%, el huevo con 29.4%, mientras que el pavo aporta 0.1% y las demás especies productivas con 36.2%. En el 2015 la avicultura aportó al PIB nacional el 0.729% y al PIB Pecuario, 37.25%, generando 131.115 millones de pesos de los cuales 52.085 millones de pesos fueron producto del sector del huevo (UNA, 2017).

Las proteínas son constituyentes orgánicos esenciales de los organismos vivos y son los nutrientes que se hallan en mayor cantidad en el tejido muscular de los animales. Todas las células sintetizan proteínas durante parte o la totalidad de su ciclo de vida y sin la síntesis de proteínas la vida no podría existir. Con excepción de los animales cuya microflora intestinal es capaz de sintetizar aminoácidos asimilables a partir de fuentes de nitrógeno no proteínicas, es necesario que la dieta proporcione proteínas o los aminoácidos que las constituyen a fin de que desarrolle un crecimiento normal y se lleven a cabo otras funciones relacionadas con la producción (Church, *et al.* 2002).

Las proteínas varían ampliamente en lo que se refiere a composición química, propiedades físicas, tamaño, forma, solubilidad y función biológica. Todas las proteínas están compuestas de unidades simples, los aminoácidos. Aunque en la naturaleza se encuentran más de 200 aminoácidos solo 22 se presentan de manera común en la mayoría de las proteínas (Church, *et al.* 2002).

Los componentes fundamentales de un aminoácido son un grupo carboxilo y un grupo amino (NH_2). Los animales, así como las plantas, sintetizan proteínas a partir de los 22 aminoácidos, sin embargo, a diferencia de las plantas los animales no pueden sintetizar todos los aminoácidos. Los aminoácidos que no pueden ser sintetizados por los animales deben ofrecerse en la dieta y son clasificados como aminoácidos esenciales o indispensables. Los aminoácidos que pueden ser sintetizados por los animales son nombrados no esenciales o no indispensables, sin embargo, algunos de estos aminoácidos no pueden ser sintetizados a la velocidad requerida para obtener el máximo crecimiento y por lo tanto deben ser obtenidos de la dieta (Cuadro 1) (Leeson y Summers, 2001).

La metionina (Ácido 2-amino-4-metiltiobutanoico) es considerada un aminoácido esencial en dietas para pollos de engorda, gallinas de postura y pavos, siendo de primordial importancia para la construcción de proteínas tisulares tales como músculo y plumas; también participa en la biosíntesis de colina, creatina, adrenalina y como donador de grupos metilo, tiene gran importancia para el metabolismo de los lípidos del hígado (Figura 1) (CBP, 2017). Es considerada un aminoácido azufrado al igual que la cistina, ya que contienen grupos azufre y se forman y degradan mediante la misma ruta metabólica (SJD, 2014). La metionina interviene directamente en algunos parámetros productivos como: Porcentaje de postura, tamaño de huevo, peso del huevo y masa de huevo (Hiramoto, *et al.* 1988).

En los años cincuenta del siglo pasado se produjo comercialmente la DL-Metionina para la comercialización en dietas para animales (Schoeff, 1994). La DL-Metionina contiene isómeros D- y L-, los isómeros son aminoácidos reflejados en un “espejo” y por lo tanto son estructuras muy similares (Figura 2) (Leeson y Summers, 2001).

Todos los aminoácidos que utilizan los tejidos animales son L-isómeros, puesto que los D-isómeros no tienen ninguna función biológica. La excepción de esto es la metionina, donde las aves pueden utilizar formas D- o L- y por ese motivo es frecuente encontrar mezclas DL. Se obtiene mediante un proceso sintético, este contiene el grupo amino (NH_2) y por eso es considerada 99% pura (Leeson y Summers, 2001).

Existen diferentes fuentes de metionina sintética siendo la DL-Metionina la única fuente de metionina sintética que es realmente un aminoácido, caracterizado por la presencia del grupo amino ($\text{H}_2\text{N}-$) (Binder y Lemme, 2007).

El hidroxianálogo de metionina (MHA) es un análogo de la metionina el cual tiene un grupo hidroxilo ($\text{HO}-$) en sustitución del grupo amino. La sal cálcica de MHA es un producto sólido con MHA ligado a iones de calcio. El MHA-FA es líquido teniendo la misma estructura química de la sal cálcica con una molécula de agua (Binder y Lemme, 2007).

En 1977 se sintetizó el Hidroxianálogo de metionina (MHA) para comercializarse como fuente de metionina sintética. El hidroxianálogo de metionina de ácido libre (MHA-FA) o ácido DL-2-hidroxi-4-metiltio-butanoico es un líquido que actúa como metionina, sin embargo, tiene cero equivalencia de proteína porque no contiene el grupo amino (NH₂) (Figura 1) (Schoeff, 1994).

El hidroxianálogo de metionina se activa en el organismo gracias a un proceso llamado transaminación (Leeson y Summers, 2001). El MHA-FA líquido al igual que la DL-Metionina se obtiene mediante un proceso sintético, consiste en 12% agua e impurezas y un 88% de hidroxianálogo de metionina (Binder y Lemme, 2007). Se estima que la biodisponibilidad del MHA-FA comparada con la DL-Metionina es de 65/88% (Cuadro 2). La transaminación implica la transferencia de un grupo amino de un aminoácido al esqueleto de carbono de un alfa-cetoácido (Church, *et al.* 2002).

Se han publicado muchos trabajos en pollo de engorda sobre la bioeficacia del MHA-FA y la DL-metionina, sin embargo en la gallina de postura el primer trabajo se publicó hasta 1982 por Reid *et al.* Donde dispusieron de 468 gallinas de postura de la línea DeKalb de 28 semanas de edad, determinando que no hubo diferencias significativas entre la DL-Metionina (99%), MHA-Ca (88.7%) y MHA-FA (82.8%) en el desempeño productivo de las gallinas.

Van Weerden *et al.* (1984) utilizaron gallinas de postura Legorn blancas (Shaver 288) de 25 semanas de edad, comparando DL-Metionina (99%), MHA-Ca (83.2%)

y MHA-FA (87.7%), donde el desempeño de las gallinas alimentadas con MHA-FA fue claramente inferior en una base equimolar.

Manning y McGinnis (1986) evaluaron el desempeño productivo de DL-Metionina y MHA-FA en 800 gallinas Leghorn blancas, indicando que no existe diferencias significativas entre las diferentes fuentes de metionina sobre los parámetros productivos evaluados.

Harms y Russell (1994) experimentaron con 360 gallinas Hy-Line W36 de 31 semanas de edad donde a la dieta se le adiciono DL-Metionina y MHA-FA en base equimolar, determinaron que no hubo diferencia significativa entre DL-Metionina y el MHA-FA en una base equimolar.

Cortes *et al.* (2001) concluyeron que la inclusión de DL-Met (99%) y MHA-FA (88%) en base equimolar en dietas para gallinas de postura tuvieron un efecto similar, utilizaron 432 gallinas Isa Babcock B300 de 55 semanas de edad.

Dänner y Bessei (2002) emplearon gallinas de 21 semanas de edad de la línea Lohmann Select Leghorn (LSL) para comparar la efectividad de DL-Metionina (99%) y MHA-FA (65%) en la dieta para gallinas de postura, determinaron que la efectividad del MHA-FA comparada a la DL-Metionina fue de 67% para la masa de huevo y 69% para la conversión alimenticia.

Liu *et al.* (2004) utilizaron gallinas Hy-Line W36 de 21 semanas de edad estimaron la biodisponibilidad del MHA-FA en comparación de la DL-Metionina, encontraron que la biodisponibilidad del MHA-FA en relación con DL-Metionina no fue diferente de 88% sobre una base de peso o 100% sobre una base molar, pero fue diferente de 65% sobre una base de peso o 74% sobre una base molar ($P < 0.05$). Ese mismo año y autores publicaron otro artículo en gallinas Hy-Line W36 de 69 semanas y sus resultados determinaron que la biodisponibilidad del MHA-FA en relación con DL-Metionina fue de 88% en base molar.

Bateman *et al.* (2005) con gallinas de la línea Hy-Line W36 de 20 semanas de edad determinaron que la bioeficacia del MHA-FA en relación con DL-Metionina es de 68.83%

Nuevamente Liu *et al.* (2005) emplearon gallinas Hy-Line W36 de 70 semanas de edad indicaron que la bioeficacia del MHA-FA en relación con la DL-Metionina es mayor a 65% en una base de peso o 74% en una base molar.

Oliveira DC *et al.* (2009) determinaron en gallinas Hy-Line W36 de 24 semanas de edad, mostraron que la biodisponibilidad media del MHA-FA es de 73.22% en comparación con la DL-Metionina.

Bunchasak C *et al.* (2012) en gallinas de la línea genética Isa-Brown de 34 semanas de edad en 2012; concluyeron que la adición del MHA-FA (como 88% de bioeficacia de DL-Met) puede utilizarse como una fuente efectiva de metionina. Sin embargo,

el mecanismo de síntesis de proteínas y su degradación puede diferir cuando se suministre una fuente diferente de metionina.

La comparación de DL-Metionina contra MHA-FA fue calculado sobre una base equimolar, que significa que la bioeficacia relativa de un mol de MHA-FA es comparado con 1 mol de DL-Metionina. A lo largo de numerosos experimentos sobre la bioeficacia de MHA-FA se determinó en un promedio de 73% en comparación con la DL-Metionina estándar (Pack *et al.* 2002).

Considerando un contenido del 88% del líquido comercial de MHA-FA, esto correspondería a un valor de 64 a 65% en una comparación peso por peso con respecto a la DL-Metionina. Por tal motivo se recomienda para la industria de la alimentación en aves que 650 g de DL-Metionina suministre la misma actividad de la metionina que 1000 g de MHA-FA (Pack *et al.* 2002).

2. JUSTIFICACIÓN

Al existir diferencias entre las investigaciones prácticas en cuanto a la comparación de DL-Metionina y el hidroxianálogo de metionina en forma líquida (MHA-FA) en cuanto a su bioeficacia, además de existir poca información en gallina de postura siendo el trabajo más actual de 2012 y ninguno publicado en gallina Bovans White se planteó la presente investigación para incrementar la información sobre el tema; asumiendo que 650 gramos de DL-Metionina, tienen la misma actividad que el hidroxianálogo de metionina líquida a razón de 1000 g.

3. HIPÓTESIS

Los parámetros productivos de la gallina de postura se incrementaran conforme se aumente la dosis de hidroxianálogo de metionina líquida (MHA-FA) o DL- metionina en la dieta hasta cubrir sus necesidades.

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento productivo de la gallina de postura a la adición de los diferentes niveles de DL-Metionina sintética y de MHA-FA en la dieta.

Objetivos particulares

1. Evaluar los parámetros productivos (porcentaje de postura, consumo de alimento ave/día, peso promedio del huevo, índice de conversión alimentaria, masa de huevo) en gallinas alimentadas con diferentes niveles de MHA-FA o DL-Metionina (50% y 100%).
2. Calcular y evaluar el porcentaje de huevo roto, sucio y en fáfara (huevo sin cascarón) en gallinas alimentadas con diferentes niveles de MHA-FA o DL-Metionina.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.Av) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual se localiza en la calle de Manuel M. López S/N en la Colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tláhuac, Ciudad de México a una altura de 2,250 msnm entre los paralelos 19°15´latitud norte 99°02´oeste. Bajo condiciones de clima templado subhúmedo (Cw), siendo enero el mes más frío y mayo el más caluroso, su temperatura media anual es de 16°C y con una precipitación pluvial anual media de 747mm (García, 1988).

Todos los procedimientos de manejo de las aves cumplieron con los requisitos señalados por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales Experimentales (CICUAE) de la FMVZ de la UNAM con base en la Norma Oficial Mexicana 062 (NOM-062-ZOO-1999).

Se utilizaron 420 gallinas de primer ciclo de la Línea Bovans White de 37 semanas de edad (20 semanas en producción) y un peso promedio inicial 1736+/-155 g, las aves se alojaron en jaulas tipo California (600cm²/ave) de dos niveles con una distribución piramidal en una caseta de ambiente natural, con bebederos de copa automáticos, uno por cada dos jaulas y un comedero tipo canaleta (13.3 cm/ave) de acuerdo a lo que menciona el manual de estirpe para aves en jaula (ISA A HGC, 2015).

Las gallinas se distribuyeron en un diseño completamente al azar en 5 tratamientos con 7 réplicas de 12 gallinas cada una (3 gallinas por jaula), se les proporcionó un fotoperiodo de 16 horas de luz por día. El agua se ofreció *ad libitum* durante todo el experimento, el alimento se controló a un consumo de 105g/ave/día.

Se emplearon dietas con base en sorgo + pasta de soya que cumplieron con las necesidades nutricionales de la estirpe de acuerdo con los conceptos de proteína ideal (Fuente 2012) y masa de huevo (Coon, 2005); a excepción de las necesidades de aminoácidos azufrados, las cuales fueron aportadas con la DL-Metionina considerada con una bioeficacia de 100% o MHA-FA con una bioeficacia de 65%. Las dietas se formularon con el programa computacional Allix2 (Cuadro 2).

Los tratamientos experimentales consistieron como se señala a continuación:

- Tratamiento 1.- Testigo negativo. Sin inclusión de DL-metionina o MHA-FA en la dieta.
- Tratamiento 2.- Como T1 + la adición de MHA-FA al 50% de la necesidad de aminoácidos azufrados (1.277kg) de la dieta.
- Tratamiento 3.- Como T1 + la adición de DL-Metionina al 50% de la necesidad de aminoácidos azufrados (.830kg) de la dieta.
- Tratamiento 4.- Como T1 + la adición de MHA-FA al 100% de la necesidad de aminoácidos azufrados (2.252kg) de la dieta.

- Tratamiento 5.- Como T1 + la adición de DL-Metionina al 100% de la necesidad de aminoácidos azufrados (1.663kg) de la dieta.

Durante las 10 semanas de experimentación se midieron las variables de porcentaje de postura, consumo de alimento, índice de conversión, peso promedio de huevo, masa de huevo ave día, porcentaje de huevo roto y en fáfara.

Análisis estadístico

Al final de la prueba a las variables estudiadas, se analizaron mediante un diseño completamente al azar, con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{(ij)}$$

Dónde: $i = 1, 2, 3, 4$ y 5 $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ y 7

Y_{ij} = Variable de respuesta (% de postura, peso de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia, masa de huevo, huevo sucio, huevo roto, huevo en fáfara y ganancia diaria de peso).

μ = media general

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{(ij)}$ = Error experimental.

La comparación de las medias en caso de existir diferencia estadística se realizó mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey con una significancia de $P < 0.05$ (Kuehl, 2001).

6. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en 70 días de experimentación sobre los parámetros productivos al emplear MHA-FA y DL-Metionina, se muestran en el Cuadro 3 donde se observa un aumento del porcentaje de postura en relación con el tratamiento testigo de 6.18% con el uso de MHA-FA o DL-Metionina al 50% y un aumento de 9.48% utilizando las 2 fuentes de metionina sintéticas al 100% ($P < 0.05$).

El tratamiento testigo que contenía los aminoácidos azufrados (metionina+cistina) que proporcionan los ingredientes no fueron suficientes para mantener los parámetros productivos establecidos por el manual de la estirpe (porcentaje de postura, peso de huevo, conversión alimentaria, masa de huevo), siendo estadísticamente inferiores al resto de los tratamiento ($P < 0.05$).

Al adicionar la DL-Metionina o MHA-FA al 50% a los valores en el grupo testigo, se incrementó la postura 5.94% y 6.42% respectivamente a nivel estadístico no hay diferencia significativa entre los tratamientos que recibieron las 2 fuentes de metionina al 50% ($P < 0.05$).

El peso de huevo aumentó a 58.6g (MHA-FA 50%) y 58.9 (DL-Met 50%) lo que corresponde al 4.8% y 5.3% respectivamente en comparación con la dieta testigo, estadísticamente no hay diferencia significativa entre las 2 fuentes de metionina al 50% ($P < 0.05$).

En cuanto a masa de huevo ave día conforme la dosis de DL-metionina o de MHA-FA al 50% aumentó 13.77% y 12.66% lo cual corresponde a un incremento de 6.2 y 5.7 gramos más por ave por día con respecto a los valores en el grupo testigo, demostrando que en la masa de huevo no existe diferencia significativa entre las 2 fuentes de metionina sintética ($P < 0.05$).

El índice de conversión disminuyó 0.263 y 0.293 kilogramos para producir un kilogramo de huevo al adicionar el 50% de la necesidad de DL-Metionina o MHA-FA respectivamente, por lo tanto no hubo diferencia significativa entre las 2 fuentes de metionina diferentes al 50% ($P < 0.05$).

En cuanto a los tratamientos con DL-Metionina y MHA-FA 100% mostraron un porcentaje de postura superior de 9.51% y 9.46% respectivamente con respecto al tratamiento testigo, por lo tanto se observó diferencia significativa entre las 2 fuentes de metionina sintética cubriendo el 100% de las necesidades del ave ($P < 0.05$).

El peso del huevo aumento 3.3 y 3.6 gramos lo cual indica que no hay diferencia significativa entre las 2 fuentes de metionina utilizadas al 100% sin embargo si existe una diferencia significativa con el tratamiento testigo con una diferencia de 5.9% y 6% respectivamente ($P < 0.05$).

La conversión alimenticia en los 2 tratamientos donde la metionina fue adicionada al 100% indicaron una disminución de la conversión alimenticia, lo que significa que tuvieron que consumir menos alimento para producir un kilogramo de huevo, la

menor tasa de conversión alimenticia fue de 1.96 kg otorgada por las 2 fuentes de metionina sintéticas al 100% de inclusión indicando una diferencia significativa de 0.38 kg en comparación con el tratamiento negativo ($P < 0.05$).

La masa de huevo ave día conforme la dosis de DL-metionina o de MHA-FA al 100% aumento 18.88% comparada con la dieta testigo, indicando una diferencia significativa de 8.5 gramos ave/día ($P < 0.05$).

El porcentaje de huevo roto, fáfara se muestran en el cuadro 4, estas variables no fueron afectadas por la adición de DL-metionina o MHA-FA ($P > 0.05$). En cuanto al porcentaje de mortalidad fue menor del 1.5% para todos los tratamientos ($P > 0.05$).

7. DISCUSIÓN

Varios trabajos han mostrado (Harms *et al.*, 1998; Scheideler y Elliot, 1998; Novak *et al.*, 2004; Poosuwan *et al.*, 2009) el pobre desempeño de la gallina alimentada con dietas bajas en metionina, es debido a un bajo consumo y esto es causado por el desbalance de aminoácidos, específicamente de los azufrados, efecto que no se observó en este experimento debido a que el consumo de alimento se controló a 105 g y por lo tanto no hubo diferencia estadística en la variable consumo de alimento en ninguno de los tratamientos, sin embargo en las dietas donde se adicionó el 100% de necesidades de aminoácidos azufrados estuvieron muy próximos al valor que menciona el manual de la estirpe.

Los resultados obtenidos en la dieta testigo mostraron que la adición de aminoácidos azufrados a la dieta es esencial para aumentar los parámetros productivos ya que los granos por si solos no son capaces de cubrir su requerimiento, ya que el valor calculado en la dieta testigo de aminoácidos azufrados fue de 0.47% mientras que el NRC de 1994 recomienda 0.73% y el manual de la estirpe 0.76% (NRC, 1994; ISA A HGC, 2015).

La metionina interviene en varios procesos biológicos, cuando disminuye en la dieta hay una reducción de la síntesis de proteínas siendo más severa en el oviducto que en el hígado debido a que las funciones que dependen del hígado son vitales, ya que no solo produce la yema de huevo si no también actúa en el metabolismo y almacenamiento de nutrientes, la síntesis y degradación de células sanguíneas y la

producción de proteínas plasmáticas entre muchas otras funciones esenciales para mantener la vida, incluso en condiciones de una deficiencia de aminoácidos; mientras que el oviducto solo fabrica las proteínas predominantes en la clara de huevo (Hiramoto, *et al.* 1988).

Por lo tanto, al provocar una deficiencia de metionina, los parámetros productivos disminuyen significativamente (porcentaje de postura, peso de huevo, conversión alimenticia y masa de huevo), debido a que la metionina es un aminoácido esencial y parte de éste se transforma en cistina, por lo que reducen la síntesis proteica en el oviducto más que en el hígado.

La mejora en la producción de huevo concuerda con otros autores (Reid, *et al.* 1982; Harms y Russel, 1994; Wideman *et al.* 1994; Leeson y Summers, 2001; Dänner y Bessei, 2001; Liu *et al.* 2004), que al aumentar la inclusión de DL-Metionina o MHAFA (50% o 100%) se incrementó la producción de huevo conforme se aumentó el nivel de MHA-FA o DL-Metionina por lo tanto el MHA-FA es una buena fuente de metionina, sin embargo el mecanismo de síntesis de proteínas y grasas o su degradación puede ser diferente, así que la diferencia entre las 2 fuentes de metionina puede ser la composición interna del huevo (agua, grasas y proteína) (Bunchasak y Silpasorn, 2005).

Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron similares a los obtenidos por otros autores (Liu *et al.* 2004; Dänner y Bessei, 2001) con una diferencia de

producción de 9.41% respecto a la dieta testigo, el peso de huevo aumento 6% incrementando la masa de huevo hasta 15.9%.

El manual de la estirpe menciona una producción promedio para la edad de experimentación de las aves de 93.6%, peso de huevo de 62 g, consumo de alimento 108.8 g, una conversión alimentaria de 2.08 kg:kg y una masa de huevo de 58.0 g, en las dietas donde se adicionó el 100% de las necesidades de aminoácidos azufrados con cualquiera de las fuentes de metionina empleadas se obtuvieron valores muy próximos a los que menciona el manual (Cuadro 4) (ISA A HGC, 2015).

El incremento en la producción de huevo en los tratamientos donde se cubrió las necesidades de aminoácidos azufrados con respecto al tratamiento testigo, puede deberse a que incrementó la deposición de proteína y se mejoró el funcionamiento de la producción de las vías metabólicas de las poliaminas espermina y espermidina. Estas poliaminas funcionan en la proliferación y el crecimiento celulares, son factores de crecimiento para las células del organismo, se asocian fácilmente con el DNA y RNA (Vazquez *et al.* 2006). Por otro lado, se aceleró la deposición de proteína en el huevo, que aumento el peso del huevo, posiblemente porque aumento el cociente ribosomal, que se refleja como un indicador de la eficacia ribosomal para la traducción de la síntesis de proteínas (Dennis *et al.* 2012).

Debido a que la metionina influyó directamente en la producción y el peso del huevo también se afectó la conversión alimentaria (kilogramos de alimento consumido para

producir un kilogramo de huevo) y masa de huevo (producción por peso de huevo) (Quintana. 2011).

El no encontrar una diferencia en el porcentaje de huevo roto y de fáfara es debido a que los aminoácidos azufrados no influyen en la deposición de minerales en el cascarón efecto que fue observado por Fuente (Fuente. 2001).

8. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales empleadas se puede concluir que para tener un máximo comportamiento productivo de la gallina de postura es necesario la adición de DL-metionina o MHA-FA considerando 65% de actividad como metionina, para complementar al 100% las necesidades de aminoácidos azufrados en la dieta.

9. REFERENCIAS

1. Alltech. Encuesta global sobre alimento balanceado. 2017 Alltech [en línea]. En: <http://go.alltech.com/encuesta-global-sobre-alimento-balanceado-de-alltech> [consulta: 24 de abril de 17].
2. Bateman A, Liu Z, Roland DA. 2005. Bioefficacy determination of Methionine Hydroxy Analog-free acid relative to DL-Methionine in laying hen diets with limited Methionine using different regression models. *International Journal of Poultry Science*, 4(9), 628-632.
3. Binder M, Lemme A. 2007. Las características de la sal de calcio de la metionina Hidroxi-analoga (MHA-Ca) como una Fuente de metionina para la industria de alimentos balanceados. *Amino News*, 08(02), 7-12.
4. Bunchasak C, Ratcgadapornvanitch Y, Thiengtham J. 2012. Comparative effects of supplemental DL-2-hydroxy-4-[methylthio] Butanoic acid and DL-Methionine in diet on egg production and quality in laying hen. *J. Poultry Science*, 49, 260-267.
5. Bunchasak C, Silpasorn T. 2005. Effects of adding methionine in low protein diet on production performance, reproductive organs and chemical liver composition of laying hens under tropical conditions. *International Journal of Poultry Sciences*, 4, 301- 308.
6. Church DC, WG Pond, KR Pond. 2002. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. 2ª edición. México D.F: Limusa Wiley.
7. Coon C. 2005. Requerimientos y perfil ideal de aminoácidos en ponedoras comerciales. XII Congreso Bienal AMENA. Puerto Vallarta, Jal., Mexico.
8. Cortes A, Diaz FJ, Avila E. 2001. Comportamiento productivo en gallinas de postura con la adición en la dieta de dos fuentes de metionina sintética. *Veterinaria México*, 32(3), 183-187.
9. CPB, Productos, aminoácidos, metionina. 2017 CPB [en línea].
En: http://www.cpbmexico.com.mx/esp/p_metionina.html [consulta: 31 de agosto de 2017].
10. Daenner EE, Bessel W. 2002. Efectividad de DL-Metionina Hidroxianáloga (DL-MHA-FA) comparada con DL-Metionina sobre el desempeño de gallinas

- ponedoras. Arch Geflügelk, 66(3), 97-101.
11. Dennis MD, Jefferson LS, Kimball SR. 2012. Role of p70S6K1-mediated phosphorylation of eIF4B and PDCD4 proteins in the regulation of protein synthesis. *Journal of Biological Chemistry*, 287, 42890–9.
 12. FAO, Departamento de agricultura y protección del consumidor , Producción y sanidad animal, Consumo de carne, 2017 FAO [en línea].
En: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/background.html>
[consulta: 08 de Noviembre de 17].
 13. Fuente MB. 2001. Determinación de las necesidades de lisina, aminoácidos azufrados y treonina digestibles en gallinas de postura para la formulación de dietas con base al concepto de proteína ideal. [Tesis de maestría]. Ciudad de México (México). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.
 14. Fuente MB, Mendoza MGD, Arce MJ, López CC, Avila GE. 2012. Respuesta productiva de gallinas a dietas con diferentes niveles de proteína. *SciELO, Archivos de Medicina Veterinaria*, 44, 67-74.
 15. García ME. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. México D.F: Talleres Offset Larios.
 16. Harms RH, Russell GB. 1994. A comparison of the bioavailability of DL-Methionine and Methionine hydroxy analogue acid for the comercial laying hen. *The Journal of Applied Poultry Research*, 3, 1-6.
 17. Harms RH, Russell GB, Harlow H and Ivey FJ. 1998. The Influence of Methionine on Commercial Laying Hens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 7:45-52.
 18. Hiramoto K, Muramatsu T, Okmura J. 1988. Effect of the methionine and lysine deficiencies on protein synthesis in the liver and oviduct and in the whole body of laying hens. *Poultry Science*, 69, 84-89.
 19. ISA A Hendrix Genetics Company. 2015. Bovans White Commercial Management Guide. ISA A Hendrix Genetics Company.

20. Kuehl RO. 2001. Diseños de experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. 2ª edición. The University of Arizona: Thomson Editores, S.A. de C. V.
21. Leeson S, Summers JD. 2001. Scott's Nutrition of the chicken (4ª ed.) Ontario (Canada) University Books.
22. Liu Z, Bateman A, Bryant M, Abebe A, Rolan D. 2004. Estimation of bioavailability of DL-Mehtonine hydroxy analogue relative to DL-Methionine in layers with exponential an slope-ratio models. Poultry Science, 83, 1580-1586.
23. Liu Z, Bateman A, Bryant MM, Zinner B, Roland DA. 2005. Performance comparisions between DL-Methionine and DL-Methionine hydroxy analogue in layers on an unequal molar basis. International Journal of Poultry Science, 14, 569-575.
24. Liu Z, Bryant M, Roland DA. 2004. Bioavailability estimation of DL-Methionine hydroxy analogue relative to DL-Methionine in layers fed milo-soybean diets using different regression models. The Journal of Applied Poultry Research, 13, 461-467.
25. Manning B, McGinnis J. 1986. The effect of methionine hydroxy analogue and DL-Methionine supplementation on laying hen performance. Poultry Science 73, 8.
26. National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry, National academy press.
27. [NOM-062] Norma oficial mexicana, M. [6 DIC 1999] NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. México: DOF-Segob.
28. Novak CL, Yakout HS, Scheideler S. 2004. The combined effects of dietary lysine and total sulfur amino acid level on egg production parameters and egg components in dekalb delta laying hens. Poultry Science, 83(12), 977-984.
29. Oliveira DC, Teixeira LF, Rostagno HS, Freitas SR, Oliveira C, Dos Santos MT. 2009. Biodisponibilidade de fontes de metionina para poedeiras leves na fase de produção mantidas em ambiente de alta temperatura. Revista Brasileira de Zootecnia, 38(12), 2383-2388.

30. Pack M, Fickler J, Rademacher M, Lemme A, Mack S, Höhler D, Fontaine J, Petri A. 2002. Amino Acids In Animal Nutrition a compendium of recent reviews and reports. Degussa, Coral Sanivet. Bucharest.
31. Poosuwan K, Bunchasak C and Kaewtapee C. 2009. Long-term feeding effects of dietary protein levels on egg production, immunocompetence and plasma amino acids of laying hens in subtropical condition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94, 186-195.
32. Quintana JA. 2011. Avitecnia Manejo de las aves domésticas más comunes. 4ª edición. México: Trillas.
33. Reid BL, Madrid A, Maiorino PM. 1982. Relative biopotency of three Methionine sources for laying hens. *Poultry Science*, 61(6),1125-1130.
34. Sant Joan de Deu. Hospital de Barcelona. Guía metabólica. 2014 SJD [en línea]. En: <https://www.guiametabolica.org/ecm/deficiencia-sulfito-oxidasa-cofactor-molibdeno/info/aminoacidos-azufrados> [consulta: 31 de agosto de 17].
35. Scheideler SE, Elliot MA. 1998. Total sulfur amino acid (TSAA) intake to maximize egg mass and feed efficiency in Young layers. *Poultry Science*, 77-130.
36. Schoeff RW. 1994. Historia de la industria de la formulación de alimento balanceado en Mc Ellhiney R. Tecnología para la fabricación de alimentos balanceados. AFIA.
37. Unión Nacional de Avicultores. Compendio de indicadores económicos del sector avícola. 2017 *UNA*.
38. Van Weerden EJ, Schutte JB, Bertram HL. 1984. Comparison of DL-methionine, DL-methionine-Na, DL-methionine hydroxy analogue-Ca, and DL-methionine hydroxy analogue-free acid with layers. *Poultry Science*, 63(9), 1793-1799.
39. Vazquez AM, Gonzalez ER, Saleh E. 2006. Evidence for 2- hydroxy-4 (methylthio) butanoic acid and DL-methionine having different dose responses in growing broilers. *Poult Science*, 2006. 85,1409–20.
40. Wideman RF, Ford BC, Dibner JJ, Robey WW, Yersin AG. 1994. Responses of laying hens to diets containing up to 2% DL-methionine or equimolar (2.25%) 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid. *Poultry Science*, 73, 259-267.

1. CUADROS

Cuadro 1.- Clasificación de los aminoácidos

Esenciales en aves	Sintetizados por fuentes limitadas	No esenciales en aves
Arginina	Tirosina	Alanina
Lisina	Cistina	Acido aspártico
Histidina	Hidroxilisina	Aspargina
Leucina		Acido glutámico
Isoleucina		Glutamina
Valina		Hidroxiprolina
Metionina		Glicina
Treonina		Serina
Triptófano		Prolina
Fenilalanina		

Leeson y Summers, (2001).

Cuadro 2.- Dietas de gallina de postura con la adición de DL-metionina o Hidroxianálogo de metionina líquida.

Ingrediente	Tratamiento				
	1.- Testigo Negativo	2.- MHA- FA 50%	3.- DL- Met 50%	4.- MHA-FA 100%	5.- DL- Met 100%
Sorgo	645.445	645.445	645.445	644.855	645.445
Pasta de soya	211.548	211.548	211.548	211.548	211.548
Carbonato de calcio	105.441	105.441	105.441	105.441	105.441
Fosfato de calcio	16.180	16.180	16.180	16.180	16.180
Aceite vegetal	9.727	9.727	9.727	9.727	9.727
Sal	3.619	3.619	3.619	3.619	3.619
Secuestrante ¹	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
DL-Metionina 99%	0.000	0.000	0.830	0.000	1.663
Hidroxianálogo de Metionina	0.000	1.277	0.000	2.253	0.000
Premix vitaminas ²	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Antioxidante ³	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
Bacitracina de Zinc	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
L-lisina HCl	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052
Pigmento Amarillo sintético ⁴	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Pigmento rojo sintético ⁵	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Silica ⁶	1.663	0.386	0.833	0.000	0.000
Total	1000	1000	1000	1000	1000
Análisis Calculado					
Energía metabolizable (Mc/kg)	2.781	2.779	2.781	2.779	2.781
Proteína cruda (%)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Lisina (%)	0.744	0.740	0.744	0.740	0.744
Metionina + Cistina (%)	0.468	0.551	0.550	0.615	0.633
Treonina (%)	0.533	0.533	0.553	0.553	0.553
Triptófano (%)	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194
Arginina (%)	0.934	0.933	0.934	0.933	0.934
Lisina digestible (%)	0.651	0.646	0.651	0.646	0.651
Metionina+Cistina digestible (%)	0.386	0.468	0.468	0.532	0.550
Treonina digestible (%)	0.467	0.467	0.467	0.467	0.467
Calcio total (%)	4.080	4.103	4.079	4.081	4.070
Sodio (%)	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
Fósforo (%)	0.524	0.524	0.524	0.524	0.524
Ácido Linoleico (%)	1.623	1.622	1.623	1.622	1.623

¹ Klin-sil Aves (Helm de México S.A.), Oxido de silicio 43%, Oxido de aluminio 12%, Oxido de potasio 7.5%, Oxido de sodio 1%, Oxido férrico 1%, Oxido de magnesio .6%, Oxido de calcio .5%, PxC 34.4%.

² Rovimix Postura (DSM) Vitamina A 12,000,000 UI, Vitamina 2,000,000 UI, Vitamina E 30,000 UI, Rovimix HyD 5g, Vitamina K3 3.5g, Vitamina B1 2.5g, Vitamina B2 7.0g, Vitamina B6 3.5 g, Vitamina B12 20.0mg, Niacina 30.0g, Acido D-Pantotenico 10.0g, Ácido Fólico 1.0g, Biotina 100.0mg, Colina 300.0g, He 60.0g, Zn 80.0g, Mng 110.0g, Cu 15.0g, Y 1.0g, Se 0.3g, CBP 3,000.0g.

³ Feed Ox (Dresens Química S.A. de C.V.), BHA (Butil hidroxil anisol) 1.2%, BTH (Butil hidroxil tolueno) 9.0%, Etoxiquin 4.8%. Agentes quelantes 10%, excipiente cbp 100%.

⁴ Lucantin Yellow (BASF) 10% Ester etílico del ácido beta-apo-8-carotenoico.

⁵ Lucantil Rot (BASF) 10% Cantaxantina.

⁶ Sipernat (Evonik) Ácido Silícico, precipitado y secado.

Cuadro 3. Resultados promedio obtenidos en gallinas Bovans White de primer ciclo durante 10 semanas de experimentación en diferentes variables productivas al utilizar hidroxianálogo de metionina o DL- metionina.

Tratamiento	Postura, %	Peso de huevo, g	Índice de conversión alimentaria, kg:kg	Masa de huevo ave dia, g	Ganancia diaria de peso, g/ave
1. Testigo negativo	80.4 ^c	55.9 ^b	2.34 ^a	45.0 ^c	1.2
2. MHA-FA 50%	86.4 ^b	58.6 ^a	2.08 ^b	50.7 ^b	2.0
3. DL-Met 50%	86.9 ^b	58.9 ^a	2.05 ^{bc}	51.2 ^b	1.8
4. MHA-FA 100%	89.9 ^a	59.2 ^a	1.97 ^{cd}	53.5 ^a	1.2
5. DL-Met 50%	89.9 ^a	59.5 ^a	1.96 ^d	53.5 ^a	1.2

*Diferentes letras en la misma columna muestra diferencia estadística entre tratamientos P<0.05

Cuadro 4. Resultados promedio obtenidos en gallinas Bovans White de primer ciclo durante 10 semanas de experimentación en diferentes variables de calidad de cascaron utilizando diferentes inclusiones de hidroxianálogo de metionina o DL-metionina.

Tratamiento	Huevo roto, %	Huevo en fáfara, %
1. Testigo negativo	0.3	0.3
2. MHA-FA 50%	0.5	0.2
3. DL-Met 50%	0.5	0.2
4. MHA-FA 100%	0.7	0.3
5. DL-Met 50%	0.7	0.3

11. FIGURAS

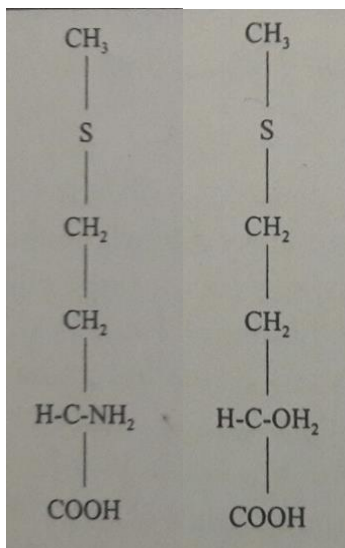


Figura 1 Estructura de la DL-Metionina y del Hidroxianálogo de metionina

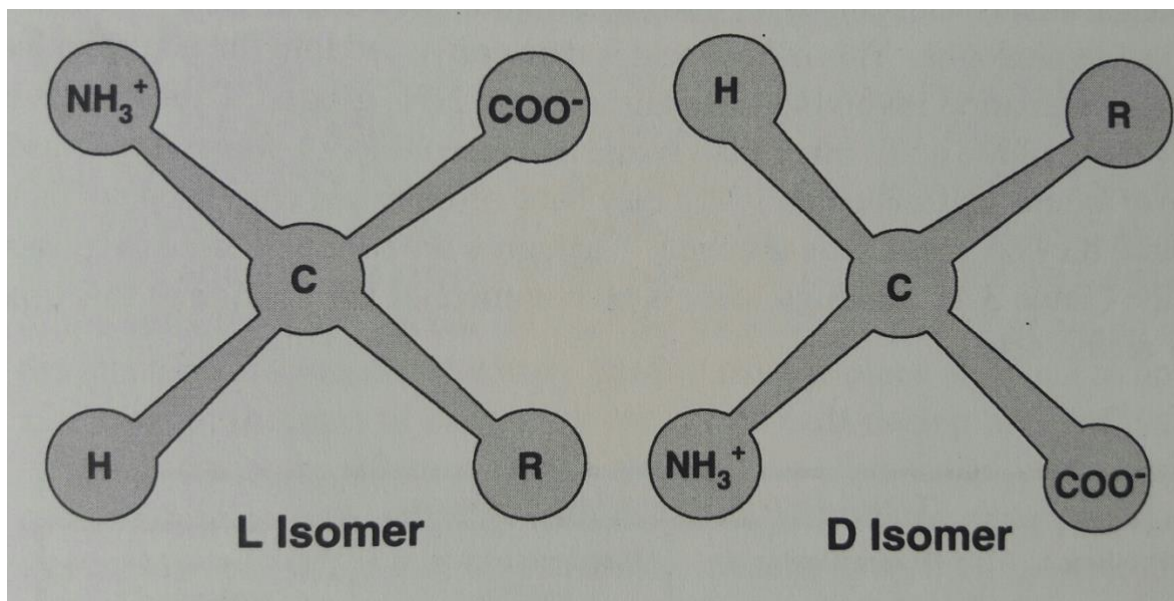


Figura 2 Representación esquemática de L- y D-aminoácidos