

**Efecto de la sal Metionina Hidroxi-Análoga
Cálcica y DL-Metionina sobre el desempeño
de pollos de engorde bajo condiciones de
alimentación comercial**

**Andral Augusto Anderson Mc Laughlin
Samuel Rodrigo Portillo Sandoval**

Zamorano, Honduras
Diciembre; 2009

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Efecto de la sal Metionina Hidroxi-Análoga Cálcica y DL-Metionina sobre el desempeño de pollos de engorde bajo condiciones de alimentación comercial

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros Agrónomos en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Andral Augusto Anderson Mc Laughlin
Samuel Rodrigo Portillo Sandoval**

Zamorano, Honduras
Diciembre; 2009

Efecto de la sal Metionina Hidroxi-Análoga Cálcica y DL-Metionina sobre el desempeño de pollos de engorde bajo condiciones de alimentación comercial

Presentado por:

Andral Augusto Anderson Mc Laughlin
Samuel Rodrigo Portillo Sandoval

Aprobado:

Abel Gernat, Ph.D.
Asesor principal

Miguel Vélez, Ph.D.
Director
Carrera de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Gerardo Murillo, Ing. Agr.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

John Jairo Hincapié, Ph.D.
Asesor

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

John Jairo Hincapié, Ph.D.
Coordinador del Área de Zootecnia

RESUMEN

Anderson, A. y Portillo, S. 2009. Efecto de la sal Metionina Hidroxi-Análoga Cálcica y DL-Metionina sobre el desarrollo de pollos de engorde bajo condiciones de alimentación comercial. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. 25p.

En dietas comerciales de aves, la metionina es usualmente el aminoácido más limitante y es suplementado para satisfacer los requerimientos y obtener un desempeño óptimo. Se evaluó el efecto de dos fuentes comerciales de metionina: la sal Metionina Hidroxi-Análoga Cálcica (MHA-Ca) y de la DL-metionina (DL-M). La investigación se realizó en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Se alimentaron 3,136 pollos machos de la línea comercial Arbor Acres[®] Plus, desde el primer día de nacidos hasta los 42 días de edad, en 56 corrales experimentales, cada uno con capacidad para 56 aves. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con 8 tratamientos en un arreglo factorial de 2 x 4 con siete repeticiones: Dos dietas a base de maíz y harina de soya sin suplementación de MHA-Ca y DL-M; tres dietas con 100%, 66%, 33% del nivel recomendado de MHA-Ca y dietas con 100%, 66%, 33% del de DL-M. No se encontró diferencia ($P>0.05$) entre las fuentes de metionina, pero si hubo diferencia ($P<0.05$) entre los cuatro niveles suplementados, siendo 100% de inclusión, el que presentó los mejores índices productivos.

Palabras clave: aminoácidos, dietas, fuentes, niveles.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	2
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	5
4. CONCLUSIONES	17
5. RECOMENDACIONES	18
6. LITERATURA CITADA	19

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1. Porcentaje de MHA-Ca y DL-M por tratamiento.....	3
2. Composición de las dietas experimentales (%)	4
3. Efecto de los tratamientos con MHA-Ca y DL-M en el peso del pollo (g/ave)	6
3a. Interacción del nivel de metionina por fuente de metionina en el peso del pollo (g/ave) al día 35.....	6
4. Efecto de los tratamientos con MHA-Ca y DL-M en el consumo alimenticio (g/ ave).....	7
4a. Interacción del nivel de metionina por fuente de metionina en el consumo alimenticio (g/ave) al día 14	8
5. Efecto de los tratamientos con MHA-Ca y DL-M en el índice de conversión alimenticia (g:g).....	10
5a. Interacción del nivel de metionina por fuente de metionina en el Índice de Conversión Alimenticia (g:g) al día 14	10
6. Efecto de los tratamientos con MHA-Ca y DL-M en la Ganancia de Peso (g/ave) ...	11
6a. Interacción del nivel de metionina por fuente de metionina en la ganancia de peso (g/ave) al día 21	12
7. Efecto de los tratamientos con MHA-Ca y DL-M en la mortalidad acumulada (%) .	13
7a Interacción del nivel de metionina por fuente de metionina en la mortalidad (%) acumulada al día siete.....	14
8. Efecto de los tratamientos con MHA-Ca y DL-M en el Peso de la canal (g/ave), Rendimiento de la canal (%) y Rendimiento de la pechuga (%).....	16

1. INTRODUCCIÓN

La metionina es el aminoácido esencial y más limitante en la nutrición de las aves. Los nutricionistas han usado la opción de satisfacer los requerimientos adicionándola al alimento. Ha sido demostrado que es más económico y nutricionalmente más razonable evitar niveles excesivos de proteína des-balanceada en el alimento ya que lo hace más costoso y perjudicial al desarrollo del animal (Binder y Lemme 2007).

En las dietas compuestas de maíz y harina de soya, los aminoácidos sulfurados son los más limitantes. Los ingredientes proteicos como la harina de soya, la semilla de algodón, la harina de plumas y la harina de maní tampoco alcanzan los requerimientos de metionina en el ave.

Tradicionalmente se han usado dos productos: DL-metionina (DL-M) con un 99% de disponibilidad y MHA-FA (metionina hidroxí-análogo ácido libre) metionina líquida, que contiene 12% de agua, 65% monomérico y 23% di- y oligomérico MHA-FA. Recientemente fue re-introducido al mercado un tercer producto: MHA-Ca, que es un suplemento sólido que contiene mínimo 84% de un Hidroxí-Análogo monomérico, 14% de calcio y 2% de agua (Binder y Lemme 2007).

Esteve-García (1988) encontró en cuatro experimentos que la DL-metionina (DL-M) es casi completamente absorbida al final del intestino delgado, (Esteve-García y Austic 1993) rastrearon la absorción de MHA-Ca y DL-M a través del intestino delgado y observando que la DL-M es absorbida con mayor rapidez y más eficientemente en el intestino delgado que la MHA-Ca. Estudios comparativos entre DL-M y MHA-Ca, tuvieron como resultados que la ganancia de peso, y el consumo de alimento es mayor con DL-M que con MHA-Ca (Evonik 2008). En cambio el consumo de alimento y la ganancia de peso es igual usando DL-M o MHA-FA (Evonik 2008)

Basados en lo anterior, se realizó una investigación que tuvo como objetivo comparar los efectos de la sal MHA-Ca con los de DL-M sobre el desarrollo de pollos de engorde con una alimentación comercial (maíz y harina de soya).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre febrero y marzo del 2009, en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, a 32 km. de Tegucigalpa, Honduras. A 800 msnm, con una temperatura y precipitación promedio anual de 24° C y de 1,100 mm respectivamente.

Se utilizaron 3,136 pollos machos de la línea Arbor Acres[®] Plus, adquiridos en la empresa CADECA S.A. El galpón contó con 56 corrales de 1.25 x 3.75 m. en los que se alojaron 56 aves por corral a una densidad de 12 pollos por metro cuadrado. El levante de los pollos se controló con criaderos de gas y ventiladores, el consumo de alimento y agua fue *ad libitum* usando bebederos de niple y comederos de tolva.

Se uso un factorial 2 x 4 con dos fuentes de metionina (MHA-Ca y DL-M) y cuatro niveles de adición de metionina: 100 % (nivel comercial), 66 y 33% (nivel marginal) y 0% (sin metionina), dando un total de 8 tratamientos (Cuadro 1) que fueron distribuidos en los 56 corrales experimentales en un diseño de BCA (Bloques Completos al Azar) con 7 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron:

- T1. Basal (dieta a base de maíz y harina de soya) sin suplemento de metionina.
- T2. Basal + la sal MHA-Ca con 84% Eficiencia Biológica (EB) para alcanzar el nivel comercial recomendado de Metionina + Cisteína.
- T3. Basal + DL-M con 99% de metionina disponible.
- T4. Basal + 33% de MHA-Ca de lo agregado en T2.
- T5. Basal + 33% de DL-M de lo agregado en T3.
- T6. Basal + 66% de MHA-Ca de lo agregado en T2.
- T7. Basal + 66% de DL-M de lo agregado en T3.
- T8. Basal (dieta a base de maíz y harina de soya) sin suplemento de metionina.

Se utilizaron los tratamientos uno y ocho, que son dietas basales, con el fin de evitar un coeficiente de variación de cero y poder hacer el análisis estadístico.

Cuadro 1. Porcentaje de MHA-Ca y DL-M por tratamiento

Tratamiento	Fuente Metionina	Nivel Metionina	Basal
T1	MHA-Ca	0	100
T2	MHA-Ca	100	0
T3	DL-M	100	0
T4	MHA-Ca	33	66
T5	DL-M	33	66
T6	MHA-Ca	66	33
T7	DL-M	66	33
T8	DL-M	0	100

En el Cuadro 2 se encuentran las dietas base de DL-M, MHA-Ca y Basal. A partir de estas se hicieron las combinaciones entre ellas para obtener las 8 dietas del experimento.

Las variables analizadas fueron: Peso corporal (g/ave): Al final de cada semana se pesaron 50% de los pollos de cada corral durante los 42 días del estudio. Consumo alimenticio (g/ave): se calculó la diferencia entre el concentrado ofrecido y el sobrante al final de cada semana para todos los corrales. Índice de conversión alimenticia acumulado (g:g): se calculó a partir de la relación entre el consumo de alimento acumulado y el peso corporal de cada semana. Mortalidad por corral (%): se registró diariamente y se pesó el pollo muerto. Ganancia de peso (g/ave): se calculó mediante la diferencia entre el peso final e inicial del pollo de cada semana. Al finalizar el estudio se tomó el 3% de los pollos de cada corral y se midieron las variables: Peso en canal (g/ave): es el peso del pollo sin menudo (corazón, cuello, hígado, molleja, patas y plumas). Rendimiento en canal caliente (%): se calculó dividiendo el peso en canal entre el peso vivo. Rendimiento de la pechuga (%): se separó el musculo de la pechuga del hueso de la quilla y se calculó dividiendo el peso de la pechuga entre el peso de la canal.

Los resultados se analizaron mediante el análisis de varianza (ANDEVA), utilizando el Modelo Lineal General (GLM). Se utilizó la diferencia de medias LSMeans y la separación de medias se realizó con la prueba SNK con la ayuda del programa estadístico Statistics Analysis System (SAS 2007). El nivel de significancia exigido fue $P < 0.05$. Los datos porcentuales como mortalidad, rendimiento de canal y rendimiento de pechuga, se corrigieron usando la función arco-seno.

Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales (%)

Ingredientes	Pre-Inicio				Inicio				Crecimiento				Final		
	0-11 d				12-21 d				22-35 d				35-42 d		
	Basal	MHA-Ca	DL-M	Basal	MHA-Ca	DL-M	Basal	MHA-Ca	DL-M	Basal	MHA-Ca	DL-M	Basal	MHA-Ca	DL-M
Maíz	53.91	53.91	53.91	55.81	55.81	55.81	60.56	60.56	60.56	64.57	64.57	64.57	64.57	64.57	64.57
H. de Soya	39.24	39.24	39.24	35.97	35.97	35.97	31.23	31.23	31.23	26.62	26.62	26.62	26.62	26.62	26.62
Carbonato Ca	1.26	1.26	1.26	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
Biofos [®]	1.55	1.55	1.55	1.46	1.46	1.46	1.30	1.30	1.30	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
NaCl	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Prem. V+M ²	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
BioMos ^{®3}	0.11	0.11	0.11	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
Coban 60 ^{®4}	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Aceite Veg.	2.83	2.83	2.83	4.45	4.45	4.45	4.58	4.58	4.58	5.32	5.32	5.32	5.32	5.32	5.32
MHA-Ca ⁵		0.30			0.28			0.26			0.24				
DL-M ⁶			0.19			0.18					0.16				0.15
L-Lisina	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L-Treonina	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Análisis Calculado:															
Proteína Cruda	23.01	23.01	23.01	21.57	21.57	21.57	19.64	19.64	19.64	17.71	17.71	17.71	17.71	17.71	17.71
ME Kcal/kg	3000.00	3000.00	3000.00	3075.00	3075.00	3075.00	3125.00	3125.00	3125.00	3200.00	3200.00	3200.00	3200.00	3200.00	3200.00
Ca	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
P Disponible	0.45	0.45	0.45	0.43	0.43	0.43	0.40	0.40	0.40	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
DLisina ⁷	1.25	1.25	1.25	1.15	1.15	1.15	1.05	1.05	1.05	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
DMetionina	0.58	0.58	0.58	0.55	0.55	0.55	0.51	0.51	0.51	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
DM+C ⁸	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	0.85	0.79	0.79	0.79	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
DTreonina	0.78	0.78	0.78	0.73	0.73	0.73	0.68	0.68	0.68	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
DArginina	1.49	1.49	1.49	1.39	1.39	1.39	1.25	1.25	1.25	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
DIsolecucina	0.90	0.90	0.90	0.84	0.84	0.84	0.76	0.76	0.76	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
DValina	0.98	0.98	0.98	0.92	0.92	0.92	0.84	0.84	0.84	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76

¹Biofos[®]: Fosfatos Di-cálcico; ²Premezcla vitamina y mineral; vitamina A, 1000 UI/kg; Vitamina D₃, 2000 UI/kg; Vitamina E, 30 UI/kg; Vitamina K₃, 2.0 mg; Vitamina B₁, 1.0 mg; Vitamina B₂, 6.0 mg; Vitamina B₆, 3.5 mg; Vitamina B₁₂, 18 mg; Niacina, 60 mg; Acido Pantoténico, 10 mg; Biotina, 0.10 mg; Acido Fólico, 0.75 mg; Colina, 250mg; Hierro, 50 mg; Cobre, 10 mg; Zinc, 70 mg; Manganeso, 70 mg; Selenio, 0.30 mg; Yodo, 1.0 mg; ³Bio-Mos[®]: Probiótico; levadura de cerveza seca y soluble fermentado de *Saccharomyces cerevisiae*; Alltech, Lexington, Kentucky, USA. ⁴Coban 60[®]: Coccidiostato; Elanco. ⁵MHA-Ca: Metionina hidroxí analóga cálcica, Novus, St. Louis, Missouri, USA. ⁶DL-M: DL-metionina: Aminoácido: Evonik, Degussa, Hanau-Wolfgang, Alemania. ⁷D: Aminoácido digerible; ⁸M+C: Metionina + Cisteína.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 PESO DEL POLLO

No hubo diferencia ($P>0.05$) entre las fuentes de metionina a los 42 días de edad (Cuadro 3). Estos resultados difieren con los obtenidos por Mac y Ramos (2006) quienes estudiaron la absorción de MHA-Ca y DL-M en el intestino delgado, concluyendo que la DL-M es absorbida más rápida y eficientemente en el intestino delgado que la MHA-Ca y que la eficiencia biológica de DL-M es mayor que la de MHA-Ca. De igual forma estos resultados difieren con los encontrados por Evonik (2008) y por Lemme *et al.* (2002) quienes encontraron que la dieta suplementada con DL-M fue la que obtuvo mayores pesos, posiblemente debido a que las dietas estaban formuladas igualmente: 650 g de DL-M igualaban a 1000 g de MHA-Ca. De igual forma tampoco coinciden con los encontrados por Lemme (2004) de que en dietas formuladas en una base molar equivalente, los rendimientos del animal son similares comparando DL-M con MHA-Ca.

En los días siete y 14 el peso del pollo fue mejor ($P<0.05$) con las dietas con 100, 66 y 33% de metionina que con un nivel de 0 % de suplemento de metionina en la dieta. A los 21, 28, 35 y 42 días se observó que a medida que se disminuía el nivel de metionina en la dieta (100, 66, 33 y 0 %) el peso del pollo disminuía, debido a que las dietas suplementadas con un 100 % de metionina llenaban los requerimientos del pollo, siendo los demás niveles (66, 33 y 0 %) deficientes. La metionina es el aminoácido más limitante para las aves y si el nivel de metionina no está presente en la proporción adecuada, la productividad y el desempeño del pollo será reducido al nivel de metionina agregado (Christensen y Anderson, 1980; Hoehler *et al.* 2005).

Los resultados obtenidos concuerdan con los de Hoehler *et al.* (2005) quienes realizaron cinco experimentos en los que midieron diferentes porcentajes de metionina en las dietas (0, 0.06, 0.12, 0.18 y 0.24%), observaron que a medida que disminuía el porcentaje de metionina en la dieta también disminuía el peso del pollo. De igual forma estos resultados coinciden con los encontrados por Harms *et al.* (1976) y Elwert *et al.* (2008) quienes concluyen que a medida que se reducía el nivel de metionina en la dieta, es menor el peso al final del experimento.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos con MHA-Ca y DL-M en el peso del pollo (g/ave)

	Edad (d)					
	7	14	21	28	35	42
FM ¹ :						
MHA-Ca	149.4	415.7	901.7	1533.4	2124.3	2724.2
DL-M	147.4	415.6	897.8	1544.4	2133.1	2715.6
P ²	0.3244	0.9984	0.5385	0.2585	0.4527	0.3375
NM ³ (%):						
100	151.3 ^a	432.6 ^a	962.3 ^a	1649.3 ^a	2244.2 ^a	2845.7 ^a
66	151.5 ^a	432.7 ^a	932.2 ^b	1602.1 ^b	2202.6 ^b	2778.8 ^b
33	152.5 ^a	418.2 ^a	901.8 ^c	1542.1 ^c	2136.1 ^c	2712.0 ^c
0	137.9 ^b	379.1 ^b	802.6 ^d	1362.1 ^d	1931.7 ^d	2542.3 ^d
P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Interacción:						
FM x NM	ns	ns	ns	ns	0.0466	ns
CV ⁴	5.56	4.49	2.76	2.47	2.18	1.91

¹FM: Fuente de Metionina; ²P: Probabilidad; ³NM: Nivel de Metionina; ⁴CV: Coeficiente de Variación.

En el día 35 hubo una interacción del nivel de metionina por fuente de metionina en el peso del pollo (Cuadro 3a), donde se obtuvo que las dietas suplementadas con un 100% de metionina, ya sea MHA-Ca o DL-M fueron las que obtuvieron los mayores pesos ($P < 0.05$). A medida que se disminuye la cantidad de metionina incluida en la dieta, disminuye los pesos.

Cuadro 3a. Interacción del nivel de metionina por fuente de metionina en el peso del pollo (g/ave) al día 35

FM ¹	x	NM ²	Día 35
MHA-Ca		100	2220.4 ^a
MHA-Ca		66	2157.2 ^c
MHA-Ca		33	2187.6 ^b
MHA-Ca		0	1931.7 ^d
DL-M		100	2268.0 ^a
DL-M		66	2115.0 ^c
DL-M		33	2217.6 ^b
DL-M		0	1931.6 ^d

¹FM: Fuente de Metionina.

²NM: Nivel de Metionina.

3.2 CONSUMO DE ALIMENTO

No hubo diferencias ($P>0.05$) en el consumo alimenticio al día 42 (Cuadro 4), posiblemente debido a que las dietas fueron suplementadas en una proporción en donde 100 g de MHA-Ca equivalen a 65 g de DL-M. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Tipton *et al.* (1965), quienes formularon igualmente las dietas en una base equimolar (igual proporción de metionina) y tampoco encontraron diferencia significativa en el consumo alimenticio.

En los días 14, 21, 28 y 35 hubo diferencia ($P<0.05$) en el consumo alimenticio entre los niveles suplementados, debido posiblemente a que los pollos obtuvieron un mayor peso y por lo tanto consumieron mayor cantidad de alimento. Las dietas que fueron suplementadas con 100, 66 y 33% de metionina en la dieta, obtuvieron un mayor consumo alimenticio comparado con las dietas con 0% de metionina suplementada. Al finalizar el estudio (día 42) no hubo diferencia ($P>0.05$) en el consumo alimenticio entre los niveles de metionina. Estos resultados no coinciden con los encontrados por Tipton *et al.* (1964) las dietas suplementadas con DL-M tienen mayor consumo que las dietas que fueron suplementadas con MHA-Ca.

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos con MHA-Ca y DL-M en el consumo alimenticio (g/ ave)

	Edad (d)					
	7	14	21	28	35	42
FM ¹ :						
MHA-Ca	148.5	540.8	1210.0	2405.2	3575.0	4797.5
DL-M	153.1	547.3	1184.7	2416.7	3593.4	4912.8
P ²	0.1304	0.3045	0.4551	0.6983	0.6052	0.3699
NM ³ (%):						
100	152.4	562.3 ^a	1266.9 ^a	2467.0 ^a	3660.8 ^a	4888.7
66	152.4	554.6 ^a	1189.3 ^{ab}	2446.2 ^a	3585.2 ^{ab}	4818.3
33	150.0	543.4 ^a	1229.1 ^a	2408.5 ^a	3591.1 ^{ab}	5032.2
0	148.3	515.9 ^b	1104.0 ^b	2322.2 ^b	3499.8 ^b	4688.7
P	0.7107	0.0001	0.0090	0.0057	0.0231	0.3211
Interacción:						
FM x NM	ns	0.0308	ns	ns	ns	ns
CV ⁴	7.81	4.61	11.24	4.88	3.95	10.75

¹FM: Fuente de Metionina; ²P: Probabilidad; ³NM: Nivel de Metionina; ⁴CV: Coeficiente de Variación.

En el día 14 se encontró una interacción entre las fuentes de metionina y los niveles de metionina en el consumo alimenticio (Cuadro 4a), donde las dietas no suplementadas con metionina ya sea MHA-Ca o DL-M, presentaron menor consumo alimenticio ($P < 0.05$) comparado con las dietas suplementadas con 100, 66 ó 33% de metionina.

Cuadro 4a. Interacción del nivel de metionina por fuente de metionina en el consumo alimenticio (g/ave) al día 14

FM ¹	x	NM ²	Día 14
MHA-Ca		100	543.6 ^b
MHA-Ca		66	551.6 ^a
MHA-Ca		33	552.1 ^a
MHA-Ca		0	516.0 ^c
DL-M		100	581.0 ^a
DL-M		66	535.3 ^b
DL-M		33	557.1 ^a
DL-M		0	515.9 ^c

¹FM: Fuente de Metionina.

²NM: Nivel de Metionina.

3.3 ÍNDICE DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA

No hubo diferencia ($P < 0.05$) entre las dietas suplementadas con DL-M y MHA-Ca al día 42 de edad (Cuadro 5). Estos resultados no concuerdan con los de Harms *et al.* (1976) quienes encontraron que la dieta suplementada con DL-M obtuvo una mejor conversión alimenticia que las dietas suplementadas con MHA-Ca, debido a que la Eficiencia Biológica de DL-M es mayor que la de MHA-Ca. De igual forma estos resultados no concuerdan con los encontrados por Lemme (2004) quien comparó en una base equimolar la efectividad de MHA-Ca y DL-M y obteniendo un 76.4% de efectividad de MHA-Ca, en comparación con la de DL-M en la conversión alimenticia del ave. Esto es atribuido a la cantidad de metionina absorbida en el intestino delgado ya que la DL-M es absorbida con una mejor eficacia en el yeyuno y la MHA-Ca es absorbida en la parte terminal del íleon y en menor cantidad (Esteve-García y Austic 1993).

Se encontró diferencias ($P < 0.05$) entre los niveles de metionina (100, 66, 33 y 0 %). Las dietas con un nivel de inclusión de 100, 66 y 33 % tuvieron mejor conversión alimenticia en los días 14, 28, 35 y 42 en comparación a las dietas que tenían 0% de inclusión de metionina en la dieta. Esto se atribuye a que la metionina está directamente relacionada con la formación de tejido muscular y si al ave no se le da un suplemento adicional de metionina en su dieta, su desempeño estará afectado (Katz y Baker 1975). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Elwert *et al.* (2008) que a medida que bajan los niveles de metionina, mayor es el índice de conversión alimenticia, ya que el pollo tendrá un menor peso y consumirá mayor cantidad de alimento.

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos con MHA-Ca y DL-M en el índice de conversión alimenticia (g:g)

	Edad (d)					
	7	14	21	28	35	42
FM ¹ :						
MHA-Ca	0.99	1.30	1.34	1.57	1.68	1.76
DL-M	1.04	1.31	1.35	1.56	1.68	1.77
P ²	0.0742	0.3191	0.7335	0.6896	0.8767	0.4075
NM ³ (%):						
100	1.00	1.29 ^b	1.31	1.49 ^c	1.63 ^b	1.71 ^b
66	1.00	1.28 ^b	1.34	1.52 ^{bc}	1.62 ^b	1.73 ^b
33	1.00	1.30 ^b	1.36	1.56 ^b	1.68 ^b	1.77 ^b
0	1.05	1.36 ^a	1.37	1.70 ^a	1.80 ^a	1.86 ^a
P	0.3818	0.0012	0.0831	0.0001	0.0001	0.0001
Interacción:						
FM x NM	ns	0.0276	ns	ns	ns	ns
CV ⁴	10.11	4.26	4.86	4.35	4.51	3.61

¹FM: Fuente de Metionina; ²P: Probabilidad; ³NM: Nivel de Metionina; ⁴CV: Coeficiente de Variación.

Al día 14 se obtuvo una interacción del nivel de metionina por fuente de metionina en el índice de conversión alimenticia (Cuadro 5a), en donde las dietas suplementadas con 100, 66 y 33 % de metionina ya sea de MHA-Ca o DL-M, obtuvieron mejores índices de conversión en comparación con las dietas sin metionina (0%).

Cuadro 5a. Interacción del nivel de metionina por fuente de metionina en el Índice de Conversión Alimenticia (g:g) al día 14

FM ¹	x	NM ²	Día 14
MHA-Ca		100	1.25 ^b
MHA-Ca		66	1.30 ^b
MHA-Ca		33	1.29 ^b
MHA-Ca		0	1.38 ^a
DL-M		100	1.34 ^b
DL-M		66	1.29 ^b
DL-M		33	1.28 ^b
DL-M		0	1.35 ^a

¹FM: Fuente de Metionina.

²NM: Nivel de Metionina.

3.4 GANANCIA DE PESO

No hubo diferencia ($P>0.05$) entre las dietas suplementadas con las fuentes de MHA-Ca y DL-M en la ganancia de peso (Cuadro 6). Estos resultados no concuerdan con los de Sauer *et al.* (2008) quienes obtuvieron que la DL-M posee una mayor Eficiencia Biológica (99% metionina pura) y haciendo que el pollo obtenga una mayor ganancia de peso.

En los cuatro diferentes niveles de metionina suplementadas en las dietas (100, 66 33 y 0%), los días 14, 21 y 28 hubo diferencias significativas; debido posiblemente que a mayor cantidad de metionina agregada en la dieta mayor es el peso del pollo obteniendo como resultado una mayor ganancia de peso en comparación con las dietas sin suplemento de metionina (0%). En los días 35 y 42 no se encontró diferencia significativa entre los niveles de metionina. Estos resultados no coinciden con los encontrados por Tipton *et al.* (1964) y por Evonik (2008) que compararon la ganancia de peso en las dietas suplementadas con DL-M y MHA-Ca, obteniendo que las dietas suplementadas con DL-M son las de mayor ganancia de peso.

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos con MHA-Ca y DL-M en la Ganancia de Peso (g/ave)

	Edad (d)					
	7	14	21	28	35	42
FM ¹ :						
MHA-Ca	109.5	266.2	486.5	631.8	590.8	603.8
DL-M	107.6	268.1	482.2	648.4	588.7	579.0
P ²	0.5221	0.6896	0.4791	0.1347	0.8970	0.1119
NM ³ (%):						
100	111.0	280.6 ^a	530.4 ^a	686.9 ^a	594.9	603.2
66	111.4	281.3 ^a	499.4 ^b	669.9 ^{ab}	594.0	576.2
33	110.5	265.7 ^a	483.6 ^b	644.2 ^b	600.4	575.9
0	101.4	241.1 ^b	424.1 ^c	559.4 ^c	569.6	610.5
P	0.0549	0.0001	0.0001	0.0001	0.4766	0.1924
Interacción:						
FM x NM	ns	ns	0.0075	ns	ns	ns
CV ⁴	10.72	7.11	4.91	6.77	10.11	9.53

¹FM: Fuente de Metionina; ²P: Probabilidad; ³NM: Nivel de Metionina; ⁴CV: Coeficiente de Variación.

En el día 21 hubo una interacción en el nivel de metionina por la fuente de metionina en la ganancia de peso (Cuadro 6a), ya que las dietas suplementadas con un 100% de nivel de metionina fueron las que obtuvieron la mayor ganancia de peso del pollo ($P < 0.05$), en comparación con las dietas con 66, 33 y 0% de nivel de metionina y que a medida disminuyó el nivel de metionina en la dieta disminuyó la ganancia de peso.

Cuadro 6a. Interacción del nivel de metionina por fuente de metionina en la ganancia de peso (g:g) al día 21

FM ¹	x	NM ²	Día 21
MHA-Ca		100	523.4 ^a
MHA-Ca		66	478.5 ^c
MHA-Ca		33	519.8 ^b
MHA-Ca		0	424.2 ^d
DL-M		100	537.4 ^a
DL-M		66	488.6 ^b
DL-M		33	478.9 ^c
DL-M		0	424.1 ^d

¹FM: Fuente de Metionina.

²NM: Nivel de Metionina.

3.5 MORTALIDAD ACUMULADA

A los 42 días de edad hubo diferencia ($P < 0.05$) entre las fuentes de metionina (Cuadro 7). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Elkin y Hester (1983) quienes encontraron diferencia significativa entre ninguna de las fuentes suplementadas de metionina en la mortalidad acumulada.

A lo largo del estudio se observó que las dietas con un 100% de nivel inclusión de metionina fueron las que obtuvieron una mayor mortalidad acumulada ($P < 0.05$), comparado con 66, 33 y 0% de nivel de metionina suplementado. Esto es debido posiblemente a que a mayor peso del pollo, se presentó una mayor incidencia de muerte súbita. Estos resultados coinciden con los encontrados por Evonik (2008) y Lemme *et al.* (2002) quienes encontraron que la dieta que fue suplementada con el mayor nivel de metionina fue la que presentó mayores pesos en el pollo al final del estudio y mayores porcentajes de mortalidad, causados por el síndrome de muerte súbita.

Cuadro 7. Efecto de los tratamientos con MHA-Ca y DL-M en la mortalidad acumulada (%)

	Edad (d)					
	7	14	21	28	35	42
FM ¹ :						
MHA-Ca	0.89	1.58	1.88	2.30	2.70	3.00
DL-M	1.04	1.49	1.72	2.10	2.90	3.00
P ²	0.9179	0.6116	0.6311	0.4401	0.9494	0.9548
NM ³ (%):						
100	1.79 ^a	2.70 ^a	3.15 ^a	3.70 ^a	4.30 ^a	4.39 ^a
66	0.67 ^b	1.23 ^{ab}	1.57 ^{ab}	1.12 ^b	2.47 ^b	2.80 ^b
33	0.44 ^b	0.67 ^b	0.68 ^b	1.68 ^b	1.57 ^b	1.80 ^b
0	0.90 ^b	1.12 ^{ab}	1.35 ^{ab}	1.60 ^b	2.00 ^b	2.02 ^b
P	0.0173	0.0202	0.0043	0.0048	0.0040	0.0086
Interacción:						
FM x NM	0.0268	ns	ns	ns	ns	ns
CV ⁴	107.97	87.90	78.47	66.26	54.73	55.57

¹FM: Fuente de Metionina; ²P: Probabilidad; ³NM: Nivel de Metionina; ⁴CV: Coeficiente de Variación.

En el día siete se encontró una interacción del nivel de metionina por la fuente de metionina en la mortalidad acumulada (Cuadro 7a), obteniendo que los mayores porcentajes de mortalidad acumulada se presentaron en las dietas con 100 y 66% de MHA-Ca, y 100% de DL-M.

Cuadro 7a. Interacción del nivel de metionina por fuente de metionina en la mortalidad acumulada (%) al día 7

FM ¹	x	NM ²	Día 7
MHA-Ca		100	1.1 ^{ab}
MHA-Ca		66	1.3 ^a
MHA-Ca		33	0.2 ^c
MHA-Ca		0	0.9 ^b
DL-M		100	2.4 ^a
DL-M		66	0.0 ^d
DL-M		33	0.7 ^c
DL-M		0	0.8 ^b

¹FM: Fuente de Metionina.

²NM: Nivel de Metionina.

3.6 PESO EN CANAL CALIENTE SIN MENUDOS, RENDIMIENTO EN CANAL Y RENDIMIENTO DE PECHUGA

No hubo diferencia ($P>0.05$) entre las dietas suplementadas con MHA-Ca o con DL-M en el peso en canal, el rendimiento en canal y el rendimiento de pechuga (Cuadro 8). Estos resultados no concuerdan con los de Hoehler *et al.* (2005) quienes encontraron que las dietas suplementadas con DL-M obtuvieron los mayores rendimientos de pechuga (28.2%). Tampoco coinciden con los encontrados por Evonik (2008) de que los mayores rendimientos en canal y rendimiento de pechuga, fueron con las dietas suplementadas con DL-M

Hubo diferencia ($P<0.05$) entre los cuatro diferentes niveles de metionina suplementadas en las dietas (100, 66, 33 y 0 %) en el peso en canal caliente, el rendimiento en canal y el rendimiento de la pechuga. Las dietas suplementadas con 100% de metionina presentaron los mejores resultados en las tres variables medidas, en comparación con las dietas suplementadas con 66, 33 y 0% del nivel de metionina en la dieta. Lo anterior se debe a que las dietas con 100% del nivel de metionina son las que presentaron mayor peso del pollo al final del estudio, el ave cuando ha llenado sus requerimientos de proteína y energía, utiliza la metionina para producir más tejido en el músculo, como en el caso de la pechuga, la cual es el músculo más grande en el ave, la misma que se incrementa en forma proporcional al incremento en el nivel de metionina en la dieta (Intriago 1999). Estos resultados coinciden con los encontrados por Hoehler *et al.* (2005), quienes estudiaron seis niveles de metionina (0.030, 0.060, 0.100, 0.140, 0.190 y 0.240 %), obteniendo que el rendimiento de pechuga fue mayor para las dietas suplementadas con un 0.240% de metionina.

Cuadro 8. Efecto de los tratamientos con MHA-Ca y DL-M en el Peso de la canal (g/ave), Rendimiento de la canal (%) y Rendimiento de la pechuga (%)

	Peso Canal (g)	Rendimiento Canal (%)	Rendimiento de Pechuga (%)
FM ¹ :			
MHA-Ca	1995.4	70.8	25.1
DL-M	1992.8	72.2	25.4
P ²	0.9538	0.9548	0.9548
NM ³ (%):			
100	2047.0 ^a	73.1 ^a	26.0 ^a
66	1945.4 ^{ab}	70.4 ^{ab}	24.6 ^{ab}
33	1988.2 ^b	71.1 ^b	25.2 ^b
0	1750.0 ^c	67.9 ^b	23.6 ^b
P	0.0001	0.0086	0.0086
Interacción:			
FM x NM	ns	ns	ns
CV ⁴	5.95	55.58	55.58

¹FM: Fuente de Metionina; ²P: Probabilidad; ³NM: Nivel de Metionina; ⁴CV: Coeficiente de Variación.

4. CONCLUSIONES

- El tratamiento en el que se suple el 100% del nivel de metionina fue el que mejor desempeño obtuvo.
- No hubo diferencia entre las fuentes de metionina debido a que estaban igualmente formuladas, ya que 650 g de DL-M sustituyen a 1000 g de MHA-Ca.

5. RECOMENDACIONES

- Utilizar las formulaciones comerciales (100% NM) para obtener los mejores resultados.
- Evaluar la efectividad de las dietas en nivel comercial sin utilizar la etapa de pre-inicio.
- Realizar estudios comparativos entre MHA-FA (suplemento líquido) con DL-M para determinar si hay diferencia en el desempeño productivo del ave.

6. LITERATURA CITADA

Binder, M; Lemme, A. 2007. The characteristics of the methionine/hydroxy analogue calcium salt MHA-Ca (as a methionine source for the feed industry). *Amino News*. Degussa 08(02): 2-3.

Christensen, A; Anderson, J. 1980. Factors affecting efficacy of methionine hydroxy analogue for chicks fed practical diets. *Poultry Science* 59:2485-2491.

Elkin, R; Hester, P. 1983. A comparison of methionine sources for broiler chickens fed corn-soybean meal diets under simulated commercial grow-out conditions. *Poultry Science* 62:2030-2043.

Elwert, C; Fernandes, E; De Abreu, E; Lemme, A. 2008. Biological effectiveness of methionine hydroxy-analogue calcium salt in relation to DL-methionine in broiler chickens. Consultado 8 de mayo 2009. Disponible en: http://findarticles.com/p/articles/mi_6917/is_10_21/ai_n29464668/

Esteve-García, E. 1988. Digestion and excretion of methionine sources for poultry. PhD Dissertation, Cornell University, Ithaca, New York. s.p.

Esteve-García, E; Austic, R E. 1993 Intestinal absorption and renal excretion of dietary methionine sources by the growing chicken. *Journal of Nutrition Biochemical* 4: 576-587.

Evonik. 2008. Nutritional value of methionine hydroxy analogue calcium salt compared with both pure DL-Methionine and diluted DL-methionine with 65% purity. Evonik Degussa, Germany. *Poultry*. 1570:1-5.

Harms, H; Eldred, A; Damron, B. 1976. The relative efficiency of DL-methionine and methionine hydroxy analogue-calcium in broiler diets. *Poultry Science*. 55:1794-1797.

Hoehler, D; Lemme, A; Jensen, S K; Vieira, S L. 2005. Relative effectiveness of methionine sources in diets for broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*. 14:679-693.

Intriago, J. 1999. Efecto de diferentes niveles de metionina durante la primera semana de vida en dietas para pollos de engorde. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 19 p.

Katz, R S; Baker, D H. 1975. Factors associates with utilization of the calcium salt of methionine hydroxy analogue by the young chick. Poultry Science. 54:584-591.

Lemme, A; Hoehler, D; Brennan, J; Mannions, P. 2002. Relative effectiveness of methionine hydroxy analogue compared to DL-Methionine in broiler chickens. Poultry Science 81:838-845.

Lemme, A. 2004. Relative Effectiveness of the methionine hydroxy analogue calcium salt in broilers and layers. Amino News, Degussa 05(03) 1:8

Mac, S; Ramos, S. 2006. Fuentes de Metionina sintética para la alimentación animal. (En línea). Consultado el 10 de julio de 2009. Disponible en: http://www.agriwold.nl/public/file/pdf/20071017-12-13_ap24_5.pdf

S.A.S. 2007. S.A.S. User's Guide: Statistics. S.A.S. Inst. Inc. Cary, NC.

Sauer, N; Emrich, K; Piepoho, H P; Lemme, A; Redshaw, M S; Mosenthin, R. 2008. Meta-Analysis of the relative efficiency of Methionine-Hydroxy-Analogue- free-acid compared with DL-Methionine in broilers using nonlinear mixed models. Poultry Science. 87:2023-2031.

Tipton, H; Dilworth, B; Day, E. 1964. The relative biological value of DL-Methionine and Methionine Hydroxy Analogue in chick diets. Mississippi State University, Department of Poultry Science, State College, Mississippi. s.p.

Tipton, H. Dilworth, B; Day, E. 1965. A comparison of D-, L-, DL-methionine and methionine hydroxy analogue calcium in chick diets. Mississippi State University, Department of Poultry Science, State College, Mississippi. s.p.