

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

**Miguel Arturo Sandoval García
Rafael Estuardo Ordóñez Asturias**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2011

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

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

Presentado por

Miguel Arturo Sandoval García
Rafael Estuardo Ordóñez Asturias

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2011

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:

Miguel Arturo Sandoval García
Rafael Estuardo Ordóñez Asturias

Aprobado:

Abel Gernat, Ph.D.
Asesor Principal

Abel Gernat, Ph.D.
Director
Carrera de Ingeniería Agronómica

Gerardo Murillo, Ing.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

John Jairo Hincapié, Ph.D.
Asesor

RESUMEN

Ordoñez, R. y Sandoval, M. 2011. 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 de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 20 p.

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 usó un factorial 2 x 4 con dos fuentes de metionina (MHA-Ca y DL-M) y cuatro niveles de adición de metionina: 100%, 66%, 33% y 0%, dando un total de 8 tratamientos que fueron distribuidos en los 56 corrales experimentales en un diseño de BCA (Bloques Completos al Azar) con 7 repeticiones por tratamiento. No se encontró diferencia ($P > 0.05$) entre las fuentes de metionina, pero sí hubo diferencia ($P < 0.05$) entre los cuatro niveles suplementados, siendo 100% de inclusión, el que presentó los mejores índices productivos. El tratamiento con el 100% del nivel de metionina fue el que mejor desempeño obtuvo, entre las fuentes de metionina no hubo diferencia debido a que estaban igualmente formuladas, ya que 650 g de DL-metionina sustituyen a 1000 g de MHA-Ca.

Palabras clave: Aminoácidos, dietas, peso corporal.

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.....	8
4. CONCLUSIONES.....	17
5. RECOMENDACIONES.....	18
6. LITERATURA CITADA.....	19

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Distribucion de los tratamientos.....	2
2. Composición de las dietas experimentales Pre-Inicio (%).....	4
3. Composición de las dietas experimentales. Inicio 12-21 días de edad (%).....	5
4. Composición de las dietas experimentales. Crecimiento 22-35 días de edad (%)..	6
5. Composición de las dietas experimentales. Finalizador 36-42 días de edad (%)...	7
6. Efecto de los tratamientos con DL-M y MHA-Ca en el peso del pollo (g/ave)....	9
7. Efecto de los tratamientos con DL-M y MHA-Ca en el consumo alimenticio (g/ave).....	10
8. Efecto de los tratamientos con DL-M y MHA-Ca en el índice de conversión alimenticia (g:g).....	12
9. Efecto de los tratamientos con DL-M y MHA-Ca en la ganancia de peso (g/ave).....	13
10. Efecto de los tratamientos con DL-M y MHA-Ca en la mortalidad acumulada (%)	14
11 . Efecto de los tratamientos con DL-M y MHA-Ca en el peso de la canal (g/ave), rendimiento de la canal (%) y rendimiento de la pechuga (%).....	16

1. INTRODUCCIÓN

La metionina es un 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 desbalanceada 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 protéicos 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 observaron 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 2011, 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. La etapa de levante 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 usó un factorial 2 x 4 con dos fuentes de metionina (MHA-Ca y DL-M) y cuatro niveles de adición de metionina: 100% , 66%, 33% y 0%, dando un total de 8 tratamientos (Cuadro 1) que fueron distribuidos en los 56 corrales experimentales en un diseño BCA (Bloques Completos al Azar) con 7 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos pueden verse en el cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
1	Basal (dieta a base de maíz y harina de soya) sin suplemento de DL-M.
2	Basal + 100% de MHA-Ca
3	Basal + 100% de DL-M
4	Basal + 66% de MHA-Ca de lo agregado en T2.
5	Basal + 66% de DL-M de lo agregado en T3.
6	Basal + 33% de MHA-Ca de lo agregado en T2.
7	Basal + 33% de DL-M de lo agregado en T3.
8	Basal (dieta a base de maíz y harina de soya) sin suplemento de MHA-Ca.

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 final del estudio se tomaron dos 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 músculo de la pechuga del hueso del esternón o quillas y se calculó dividiendo el peso de la pechuga entre el peso de la canal.

Los resultados se analizaron mediante un 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 2009). El nivel de significancia exigido fue $P < 0.05$. Los datos porcentuales como mortalidad, rendimiento de canal y rendimiento de pechuga mayor y menor, se corrigieron usando la función arco-seno.

En los cuadros 2, 3,4 y 5 se puede observar la composición de las dietas de cada etapa que se utilizaron en este ensayo.

Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales. Pre-Inicio 1-11 días de edad

Ingrediente	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	(%)							
Maíz	50.78	50.38	50.58	50.58	50.68	50.78	50.78	50.78
H. de Soya	41.1	41.1	41.1	41.1	41.1	41.1	41.1	41.1
Carbonato Ca	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Fosfato Dicalcico	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
NaCl	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Prem. V+M ¹	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
BioMos ^{®2}	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Coban 60 ^{®3}	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Aceite Vegetal	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
MHA-Ca	0	0	0.27	0	0.18	0	0.09	0
DL-M	0	0.42	0	0.28	0	0.14	0	0
L-Lisina	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
L-Treonina	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Análisis Calculado								
Proteína Cruda (%)	24.14	24.14	24.14	24.14	24.14	24.14	24.14	24.14
ME Kcal/kg	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Ca (%)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
P Disponible	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Metionina	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
M+C/Lis	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Lisina	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37
Arginina/Lis	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
Treonina/Lis	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
Triptófano/Lis	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Isoleucine/Lis	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Valina/Lis	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79

T1=Basal (dieta a base de maíz y harina de soya) sin suplemento de DL-M; T2=Basal + 100% de MHA-Ca; T3=Basal + 100% de DL-M; T4=Basal + 66% de MHA-Ca de lo agregado en T2; T5=Basal + 66% de DL-M de lo agregado en T3; T6=Basal + 33% de MHA-Ca de lo agregado en T2; T7=Basal + 33% de DL-M de lo agregado en T3; T8=Basal (dieta a base de maíz y harina de soya) sin suplemento de MHA-Ca.

¹Premezcla vitamina y minerales: Vitamina A, 10000 UI/kg; Vitamina D₃, 2000 UI/kg; Vitamina E, 30 UI/kg; Vitamina K₃, 2.0 mg; Vitamina B₂, 6.0 mg; Vitamina B₆, 3.5 mg; Vitamina B₁₂, 18 mg; Niacina, 60 mg; Acido Pantotenico, 10 mg; Biotina, 0.10 mg; Acido Folico, 0.75 Mg; Colina, 250 mg; Hierro, 50 mg; Cobre, 10 mg; Zinc, 70 mg; Manganeso, 70 mg; Selenio, 0.30 mg; Yodo, 1.0 mg.

²Bio-Mos[®] : Probioticos; levadura de cerveza seca y soluble fermentado de *Saccharomyces cerevisiae*; Alltech, Lexington, Kentucky, USA. ³Coban 60[®] : Coccidiostato; Elanco

Cuadro 3. Composición de las dietas experimentales. Inicio 12-21 días de edad

Ingrediente	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	(%)							
Maíz	53.68	53.28	53.48	53.48	53.58	53.58	53.68	53.68
H. de Soya	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2	37.2
Carbonato Ca	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Fosfato Dicalcico	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
NaCl	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Prem. V+M ²	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
BioMos ^{®3}	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Coban 60 ^{®4}	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Aceite Veg.	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
MHA-Ca ⁵	0	0	0.26	0	0.17	0	0.08	0
DL-M ⁶	0	0.4	0	0.26	0	0.13	0	0
L-Lisina	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
L-Treonina	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Análisis Calculado								
Proteína Cruda (%)	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48	22.48
ME Kcal/kg	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075	3075
Ca(%)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
P Disponible	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Metionina	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
M+C/Lis	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Lisina	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
Arginina/Lis	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
Treonina/Lis	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Triptófano/Lis	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Isoleucine/Lis	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
Valina/Lis	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

T1=Basal (dieta a base de maíz y harina de soya) sin suplemento de DL-M; T2=Basal + 100% de MHA-Ca; T3=Basal + 100% de DL-M; T4=Basal + 66% de MHA-Ca de lo agregado en T2; T5=Basal + 66% de DL-M de lo agregado en T3; T6=Basal + 33% de MHA-Ca de lo agregado en T2; T7=Basal + 33% de DL-M de lo agregado en T3; T8=Basal (dieta a base de maíz y harina de soya) sin suplemento de MHA-Ca.

¹Premezcla vitamina y minerales: Vitamina A, 10000 UI/kg; Vitamina D₃, 2000 UI/kg; Vitamina E, 30 UI/kg; Vitamina K₃, 2.0 mg; Vitamina B₂, 6.0 mg; Vitamina B₆, 3.5 mg; Vitamina B₁₂, 18 mg; Niacina, 60 mg; Acido Pantotenico, 10 mg; Biotina, 0.10 mg; Acido Folico, 0.75 Mg; Colina, 250 mg; Hierro, 50 mg; Cobre, 10 mg; Zinc, 70 mg; Manganeso, 70 mg; Selenio, 0.30 mg; Yodo, 1.0 mg.

²Bio-Mos[®]: Probioticos; levadura de cerveza seca y soluble fermentado de *Saccharomyces cerevisiae*; Alltech, Lexington, Kentucky, USA.

³Coban 60[®]: Coccidiostato; Elanco

Cuadro 4. Composición de las dietas experimentales. Crecimiento 22-35 días de edad

Ingrediente	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	(%)							
Maíz	58.57	58.17	58.27	58.27	58.37	58.47	58.47	58.07
H. de Soya	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4
Carbonato Ca	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
Biofos ^{1®}	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
NaCl	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Prem. V+M ²	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
BioMos ^{®3}	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Coban 60 ^{®4}	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Aceite Veg.	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
MHA-Ca ⁵	0	0	0.25	0	0.17	0	0.08	0
DL-M ⁶	0	0.39	0	0.26	0	0.13	0	0
L-Lisina	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
L-Treonina	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Análisis Calculado								
Proteína Cruda(%)	20.53	20.53	20.53	20.53	20.53	20.53	20.53	20.53
ME Kcal/kg	3125	3125	3125	3125	3125	3125	3125	3125
Ca(%)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
P Disponible	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Metionina	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
M+C/Lis	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
Lisina	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Arginina/Lis	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
Treonina/Lis	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Triptófano/Lis	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Isoleucine/Lis	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Valina/Lis	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

T1=Basal (dieta a base de maíz y harina de soya) sin suplemento de DL-M; T2=Basal + 100% de MHA-Ca; T3=Basal + 100% de DL-M; T4=Basal + 66% de MHA-Ca de lo agregado en T2; T5=Basal + 66% de DL-M de lo agregado en T3; T6=Basal + 33% de MHA-Ca de lo agregado en T2; T7=Basal + 33% de DL-M de lo agregado en T3; T8=Basal (dieta a base de maíz y harina de soya) sin suplemento de MHA-Ca.

¹Premezcla vitamina y minerales: Vitamina A, 10000 UI/kg; Vitamina D₃, 2000 UI/kg; Vitamina E, 30 UI/kg; Vitamina K₃, 2.0 mg; Vitamina B₂, 6.0 mg; Vitamina B₆, 3.5 mg; Vitamina B₁₂, 18 mg; Niacina, 60 mg; Acido Pantotenico, 10 mg; Biotina, 0.10 mg; Acido Folico, 0.75 Mg; Colina, 250 mg; Hierro, 50 mg; Cobre, 10 mg; Zinc, 70 mg; Manganeso, 70 mg; Selenio, 0.30 mg; Yodo, 1.0 mg.

²Bio-Mos[®]: Probioticos; levadura de cerveza seca y soluble fermentado de *Saccharomyces cerevisiae*; Alltech, Lexington, Kentucky, USA.

³Coban 60[®]: Coccidiostato; Elanco

Cuadro 5. Composición de las dietas experimentales Finalizador 36-42 días de edad

Ingrediente	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	(%)							
Maíz	61.62q7	61.37	61.47	61.47	61.57	61.57	61.47	61.67
H. de Soya	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4	28.4
Carbonato Ca	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Biofos ^{1®}	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
NaCl	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Prem. V+M ²	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
BioMos ^{®3}	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Coban 60 ^{®4}	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Aceite Veg.	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
MHA-Ca ⁵	0	0	0.22	0	0.15	0	0.07	0
DL-M ⁶	0	0.34	0	0.22	0	0.11	0	0
L-Lisina	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
L-Treonina	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Analísis Calculado								
Proteína Cruda(%)	18.77	18.77	18.77	18.77	18.77	18.77	18.77	18.77
ME Kcal/kg	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Ca(%)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
P Disponible	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Metionina	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
M+C/Lis	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Lisina	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
Arginina/Lis	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
Treonina/Lis	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Triptófano/Lis	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Isoleucine/Lis	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Valina/Lis	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81

T1=Basal (dieta a base de maíz y harina de soya) sin suplemento de DL-M; T2=Basal + 100% de MHA-Ca; T3=Basal + 100% de DL-M; T4=Basal + 66% de MHA-Ca de lo agregado en T2; T5=Basal + 66% de DL-M de lo agregado en T3; T6=Basal + 33% de MHA-Ca de lo agregado en T2; T7=Basal + 33% de DL-M de lo agregado en T3; T8=Basal (dieta a base de maíz y harina de soya) sin suplemento de MHA-Ca.

¹Premezcla vitamina y minerales: Vitamina A, 10000 UI/kg; Vitamina D₃, 2000 UI/kg; Vitamina E, 30 UI/kg; Vitamina K₃, 2.0 mg; Vitamina B₂, 6.0 mg; Vitamina B₆, 3.5 mg; Vitamina B₁₂, 18 mg; Niacina, 60 mg; Acido Pantotenico, 10 mg; Biotina, 0.10 mg; Acido Fólico, 0.75 Mg; Colina, 250 mg; Hierro, 50 mg; Cobre, 10 mg; Zinc, 70 mg; Manganeso, 70 mg; Selenio, 0.30 mg; Yodo, 1.0 mg.

²Bio-Mos[®]: Probioticos; levadura de cerveza seca y soluble fermentado de *Saccharomyces cerevisiae*; Alltech, Lexington, Kentucky, USA.

³Coban 60[®]: Coccidiostato; Elanco

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso Corporal. No hubo diferencia ($P>0.05$) entre las fuentes de metionina a los 42 días de edad (Cuadro 6). 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 1000g 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.

A los 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días se observó que a medida se disminuye 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 nutricionales del pollo, siendo los demás niveles (66, 33 y 0 %) deficientes. La metionina es el aminoácido más limitante para las aves y sí 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%) y observaron que a medida 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 se reduce el nivel de metionina en la dieta, es menor el peso al final del experimento.

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos con DL-M y MHA-Ca en el peso del pollo (g/ave)¹
¹Medias en cada columna seguidas por diferente letra, son estadísticamente diferentes (P≤0.05)

	Edad (días)					
	7	14	21	28	35	42
FM ²						
DL-M	154.4	424.3	836.7	1395.3	1998.5	2415.4
MHA-Ca	154.3	422.6	846.6	1397.9	2030.7	2449.8
P	0.8986	0.6946	0.1725	0.8369	0.0450	0.0532
NM ³ (%):						
100	157.3 ^a	437.9 ^a	877.6 ^a	1463.9 ^a	2098.1 ^a	2536.3 ^a
66	157.6 ^a	437.1 ^a	865.5 ^a	1435.3 ^{ab}	2097.1 ^a	2493.0 ^{ab}
33	154.9 ^a	422.9 ^b	855.2 ^a	1416.9 ^b	2034.0 ^b	2459.3 ^b
0	147.5 ^b	396.1 ^c	768.4 ^b	1270.1 ^c	1829.4 ^b	2241.9 ^c
P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Interacción:						
FM x NM	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV	2.97	3.73	3.17	3.38	2.89	2.66

²FM: Fuente de Metionina

³NM: Nivel de Metionina

P: Probabilidad

CV: Coeficiente de Variación

Consumo de Alimento. No hubo diferencias ($P>0.05$) en el consumo alimenticio hasta el día 42 (Cuadro 7), 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.

Para la variable suplementación de metionina, en los días 14, 21 y 28 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. A los 35 y 42 días 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) que las dietas suplementadas con DL-M tienen mayor consumo que las dietas que fueron suplementadas con MHA-Ca.

Cuadro 7. Efecto de los tratamientos con DL-M y MHA-Ca en el consumo alimenticio (g/ave)¹

	Edad (d)					
	7	14	21	28	35	42
FM ²						
DL-M	147.3	522.0	1188.0	2144.1	1998.5	4345.9
MHA-Ca	143.8	529.8	1182.6	2155.6	2030.7	4256.8
P	0.3502	0.2954	0.6723	0.4737	0.5505	0.1253
NM ³ (%):						
100	146.1	549.9 ^a	1228.5 ^a	2218.1 ^a	3332.2	4350.8
66	147.3	535.9 ^a	1205.7 ^{ab}	2183.3 ^{ab}	3292.4	4320.8
33	146.3	524.9 ^a	1182.6 ^b	2154.1 ^b	3318.7	4275.5
0	142.5	492.9 ^b	1124.5 ^c	2043.9 ^c	3227.4	4258.3
P	0.8040	0.0001	0.0001	0.0001	0.0577	0.6514
Interacción:						
FM x NM	ns	Ns	ns	ns	ns	ns
CV	9.38	5.28	3.95	2.77	3.21	4.95

¹Medias en cada columna seguidas por diferente letra, son estadísticamente diferentes ($P\leq 0.05$)

²FM: Fuente de Metionina

³NM: Nivel de Metionina

P: Probabilidad

CV: Coeficiente de Variación

Índice de Conversión Alimenticia. Las diferencias fueron significativas ($P < 0.05$) entre las dietas suplementadas con DL-M y MHA-Ca al día 42 de edad (Cuadro 8). 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 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 diferentes de metionina. Las dietas con un nivel de inclusión de 100, 66 y 33 % tuvieron mejor conversión alimenticia en los días 21, 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 8. Efecto de los tratamientos con DL-M y MHA-Ca en el índice de conversión alimenticia (g:g)¹

	Edad (d)					
	7	14	21	28	35	42
FM ²						
DL-M	0.95	1.24	1.42	1.54	1.64	1.80 ^a
MHA-Ca	0.93	1.25	1.40	1.54	1.63	1.74 ^b
P	0.3416	0.4938	0.0726	0.7007	0.2851	0.0242
NM ³ (%):						
100	0.92	1.25	1.41 ^b	1.51 ^b	1.58 ^a	1.71 ^b
66	0.93	1.22	1.39 ^b	1.52 ^b	1.57 ^b	1.73 ^b
33	0.93	1.24	1.38 ^b	1.52 ^b	1.63 ^c	1.73 ^b
0	0.96	1.26	1.46 ^a	1.60 ^a	1.76 ^{bc}	1.89 ^a
P	0.6993	0.3870	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
Interacción:						
FM x NM	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV	10.16	5.42	3.53	3.35	3.76	5.48

¹Medias en cada columna seguidas por diferente letra, son estadísticamente diferentes (P≤0.05)

²FM: Fuente de Metionina

³NM: Nivel de Metionina

P: Probabilidad

CV: Coeficiente de Variación.

Ganancia de peso. No hubo diferencias ($P>0.05$) entre las dietas suplementadas con las fuentes de DL-M y MHA-Ca en la ganancia de peso (Cuadro 9). 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) haciendo que el pollo obtenga una mayor ganancia de peso.

En los cuatro diferentes niveles de metionina suplementadas en las dietas, los días 7, 14, 21, 28 y 35 hubo diferencias significativas ($P<0.05$) 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 el día 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 9. Efecto de los tratamientos con DL-M y MHA-Ca en la ganancia de peso (g/ave)¹

	Edad (d)					
	7	14	21	28	35	42
FM ²						
DL-M	111.9	266.3	415.9	558.5	603.2	416.8
MHA-Ca	111.8	268.3	424.0	551.2	632.8	419.0
P	0.9307	0.3642	0.1742	0.5550	0.0601	0.9025
NM ³ (%):						
100	115.0 ^a	280.5 ^a	439.8 ^a	586.2 ^a	634.1 ^a	438.1
66	114.9 ^a	279.4 ^a	432.2 ^a	569.8 ^a	661.7 ^a	395.9
33	112.6 ^a	267.9 ^b	428.4 ^a	561.7 ^a	617.0 ^a	425.3
0	104.8 ^b	241.4 ^c	379.4 ^b	501.6 ^b	559.2 ^b	412.5
P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.3805
Interacción:						
FM x NM	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV	3.82	3.13	5.16	8.27	9.27	15.76

¹Medias en cada columna seguidas por diferente letra, son estadísticamente diferentes ($P\leq 0.05$); ²FM: Fuente de Metionina; ³NM: Nivel de Metionina; P: Probabilidad; CV: Coeficiente de Variación

Mortalidad Acumulada. A los 42 días de edad no hubo diferencias ($P>0.05$) entre las fuentes de metionina (Cuadro 10), 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 10. Efecto de los tratamientos con DL-M y MHA-Ca en la mortalidad acumulada (%)¹

	Edad (d)					
	7	14	21	28	35	42
FM ²						
DL-M	0.16	1.08	1.92	2.09	2.25	6.60
MHA-Ca	0.08	0.58	1.16	1.42	1.42	4.67
P	1.000	0.3715	0.0609	0.0854	0.0830	0.7752
NM ³ (%):						
100	0.25	1.12	2.13	2.26	2.38	6.00
66	0.12	0.87	1.63	1.63	1.75	5.39
33	0.00	0.50	0.87	1.37	1.37	5.51
0	0.38	0.66	1.19	1.31	1.59	3.63
P	0.3275	0.5642	0.0881	0.3207	0.3895	0.0938
Interacción:						
FM x NM	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV	296.89	147.80	79.78	73.20	78.73	42.86

¹FM: Fuente de Metionina

²NM: Nivel de Metionina

P: Probabilidad

CV: Coeficiente de Variación.

Peso en canal caliente sin menudos, rendimientos en canal y rendimiento de pectoral mayor y menor. No hubo diferencias ($P>0.05$) entre las dietas suplementadas con DL-M o con MHA-Ca en el peso en canal, el rendimiento en canal y el rendimiento de pectorales mayor y menor (Cuadro 11). 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 pectorales, fueron con las dietas suplementadas con DL-M.

Hubo diferencias ($P<0.05$) entre los cuatro diferentes niveles de metionina suplementadas en las dietas en el peso en canal caliente, el rendimiento en canal y el rendimiento de pectorales mayor y menor. Las dietas suplementadas con 100% de metionina presentaron los mejores resultados en peso en canal, el rendimiento en canal y el rendimiento de pectorales mayores, 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 los pectorales, 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 11. Efectos de los tratamientos con DL-M y MHA-Ca en el peso de canal (g/ave), Rendimiento de la canal (%), Rendimiento de Pectorales Mayor (%) y Rendimiento de Pectorales Menor (%).

	Peso de Canal (g)	Rendimiento Canal (%)	Rendimiento de Pectorales Mayor (%)	Rendimiento de Pectorales Menor (%)
FM ²				
DL-M	3695.6	69.2	18.7	4.5
MHA-Ca	3708.7	69.3	19.0	4.7
P	0.8276	0.9080	0.2682	0.9563
NM ³ (%):				
100	3874.3 ^a	70.3 ^a	20.1 ^a	4.6 ^a
66	3837.2 ^a	69.8 ^{ab}	19.9 ^a	4.7 ^a
33	3728.7 ^a	69.3 ^{ab}	18.8 ^b	4.5 ^a
0	3368.4 ^b	67.7 ^b	16.5 ^c	4.4 ^b
P	0.0001	0.0405	0.0001	0.0025
Interacción:				
FM x NM	ns	ns	ns	ns
CV	6.05	2.68	3.09	3.59

¹Medias en cada columna seguidas por diferente letra, son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$)

²FM: Fuente de Metionina

³NM: Nivel de Metionina

P: Probabilidad

CV: 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% nivel de metionina) para obtener los mejores resultados.

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.

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 associated 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. 2009. 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.