

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ZOOTECNIA**



**SUSTITUCIÓN PARCIAL DE METIONINA POR BETAÍNA  
EN LA NUTRICIÓN DE POLLOS DE ENGORDE**

**PAHOLA GLORIA MARINA MORALES MONROY**

**GUATEMALA, JUNIO 2010**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ZOOTECNIA**

**SUSTITUCIÓN PARCIAL DE METIONINA POR BETAÍNA  
EN LA NUTRICIÓN DE POLLOS DE ENGORDE.**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**POR**

**PAHOLA GLORIA MARINA MORALES MONROY**

**AL CONFERÍRSELE EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADA ZOOTECNISTA**

**GUATEMALA, JUNIO 2010**

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR LOS ESTATUTOS DE  
LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, PRESENTO A  
CONSIDERACIÓN EL TRABAJO TITULADO

**SUSTITUCIÓN PARCIAL DE METIONINA POR BETAÍNA  
EN LA NUTRICIÓN DE POLLOS DE ENGORDE.**

QUE FUERA APROBADO POR LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA.

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

**LICENCIADA ZOOTECNISTA**

**JUNTA DIRECTIVA**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

DECANO: M.V. Leonidas Ávila Palma  
SECRETARIO: M.V. Marco Vinicio García Urbina  
VOCAL I: M.V. Yeri Edgardo Véliz Porras  
VOCAL II: MSc. M.V. Fredy Rolando González Guerrero  
VOCAL III: M.V. y Zoot. Mario Antonio Motta González  
VOCAL IV: Br. Set Leví Samayoa López  
VOCAL V: Br. Luis Alberto Villeda Lanuza

**ASESORES**

MSc. BEATRIZ SANTIZO.  
MSc. CARLOS SAAVEDRA.  
M.A. ENRIQUE CORZANTES.

# **TESIS QUE DEDICO**

A DIOS TODO PODEROSO QUE ES LA LUZ Y SABIDURÍA EN MI VIDA.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

A LA ESCUELA DE ZOOTECNIA DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA  
Y ZOOTECNIA.

A MIS ASESORES

MSc. BEATRIZ SANTIZO.

MSc. CARLOS SAAVEDRA.

M.A. ENRIQUE CORZANTES

## **ACTO QUE DEDICO**

A MIS PADRES: Jaime Antonio Morales Vásquez y Lidia Marina Monroy de Morales. Por su ejemplo, guía y apoyo como un tributo a su sacrificio haciendo realidad mi sueño.

A MI HERMANA: Gabriela Morales Monroy. Por su cariño y compañía en el transitar de nuestras vidas.

A TODA MI FAMILIA Por su amistad y compartir conmigo este éxito.

A MIS PADRINOS Licda. Fabiola Monroy Alonzo de Javier.  
Lic. Ramiro Bran.  
Lic. Eduardo Spiegeler.  
Por su amistad y apoyo.

A MIS CATEDRATICOS Por la guía y conocimientos brindados

A LA MEMORIA DE:

M.V. JACOBO PÉREZ

M. V. FRANCISCO ESTRADA

LIC. JORGE MARIO BÚCARO

Por su dirección respaldo y ejemplo para mi formación profesional.

# ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. HIPÓTESIS	2
III. OBJETIVOS	3
3.1. General	3
3.2. Específicos	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1. Generalidades	4
4.2. Funciones metabólicas	4
a. Metionina	4
b. Colina	5
c. Betaína	6
4.3. Importancia del grupo metilo	7
4.4. Metabolismo	7
4.5. Producción de betaína	8
4.6. Uso de la betaína en la alimentación animal	9
4.7. Uso de la betaína en el pollo de engorde	10
V. MATERIALES Y MÉTODOS	14
5.1. Localización	14
5.2. Manejo del experimento	14
5.3. Materiales utilizados en la producción	16
5.4. Materiales utilizados en la matanza	17
5.5. Actividades en el proceso de matanza	17

5.6.	Procedimiento para el manejo de datos	18
5.7.	Manejo de datos	18
5.8.	Tratamiento y diseño experimental	19
5.9.	Análisis económico	20
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		21
6.1.	Ganancia de peso total	21
6.2.	Consumo de alimento	22
6.3.	Conversión alimenticia	23
6.4.	Resultado en el proceso de matanza	24
6.4.1.	Porcentaje de hígado graso	24
6.4.2.	Porcentaje de grasa abdominal y rendimiento de pechuga	25
6.5.	Resultados económicos	26
6.5.1.	Peso vivo	26
VII. CONCLUSIONES		28
VIII. RECOMENDACIONES		29
IX. RESUMEN		30
X. BIBLIOGRAFÍA		34



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1	Fórmula de la dieta finalizadora	15
Cuadro No. 2		
Cuadro No. 3.	Ganancia de peso total (g) obtenida cada semana por tratamiento.	20
Cuadro No. 4	Consumo de alimento total (g) obtenida cada semana por tratamiento.	21
Cuadro No. 5	Conversión alimenticia obtenida cada semana por tratamiento.	22
Cuadro No. 6	Variables evaluadas durante el proceso de matanza	23
Cuadro No. 7	Beneficios brutos y costos que varían para determinar el presupuesto parcial por tratamiento de la variable peso	25
Cuadro No. 8	Análisis de la tasa marginal de retorno de la variable peso vivo	25

## I. INTRODUCCIÓN

La tasa de crecimiento poblacional en los últimos años es uno de los factores que ha llevado a una creciente demanda de alimentos de alta calidad y bajo costo, derivado de lo cual se ha alcanzado un alto desarrollo tecnológico de las explotaciones aviares, con el objeto de abastecer esta demanda.

La avicultura ha llegado a alcanzar altos niveles competitivos, evolucionando de tal forma, que el mejoramiento genético ha logrado aumentos en la productividad y por ende mayores exigencias nutricionales.

Una buena nutrición involucra una adecuada formulación del alimento, los cuales deben cubrir los requerimientos nutricionales debidamente balanceados, de tal forma que se provea una dieta equilibrada, buscando maximizar los resultados productivos y su rentabilidad.

El valor nutritivo del alimento depende de varias características, una de ellas es, la composición y combinación de sustancias nutricionales, por lo que el nivel adecuado de cada uno en la ración es de vital importancia, una de ellas pueden ser la metionina y/o betaína, la cual cumple funciones aminoacídicas esenciales, así mismo la betaína dona grupos metilos de relevancia nutricional.

La betaína, puede obtenerse de un extracto de la remolacha azucarera, que por su composición química puede donar grupos metilo en el metabolismo de la célula, esta la convierte en un sustituto ideal de la metionina para esta función. Algunos estudios han demostrado su eficacia en ganancias de peso, rendimiento de pechuga, porcentaje de grasa abdominal y disminución del porcentaje de mortalidad.

De acuerdo a lo anterior se probó el valor de la sustitución de la betaína en dietas para pollos de engorde.

## **II. HIPÓTESIS**

La sustitución parcial de metionina por betaína no afecta el comportamiento productivo del ave, medido en términos de ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de grasa abdominal, porcentaje en el rendimiento de pechuga y porcentaje de hígado graso.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. GENERAL.**

Buscar nuevas alternativas en la formulación de dietas nutritivas de pollo de engorde.

#### **3.2. ESPECÍFICOS**

- 3.2.1 Evaluar la sustitución parcial de metionina en el alimento finalizador de pollo de engorde medidos en términos de ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de grasa abdominal, porcentaje de rendimiento de pechuga y porcentaje de hígado graso.
- 3.2.2. Evaluar económicamente los tratamientos a través de la tasa marginal de retorno.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Generalidades

Una de las explotaciones pecuarias que en los últimos años ha tenido un crecimiento acelerado es la avicultura, que entre los años de 2,007 al 2,008 reporta una reducción en el crecimiento del 15% y se recupera en el 2,009 un 6% según ANAVI\*.

Para el año de 2,009 la producción de carne de pollo en Guatemala se estimó en un 222,292,951.17 millones de kilogramos de carne, siendo 136,290,136 las unidades sacrificadas; superando nuestro país a los demás países centroamericanos; mientras que el consumo per cápita de carne de ave se considero en 10.9 kg/habitante/año, según ANAVI\*.

Además la avicultura es capaz de satisfacer la demanda interna, contribuyendo en un 2% al producto interno bruto a nivel nacional y en un 8% al producto interno bruto agropecuario, se considera que tiene índices de producción equivalentes a los obtenidos en países desarrollados. ANAVI.\*

\* Entrevista personal, M.V.Z. Manuel Hoffman. Encargado de estadística y programa de comercio e inocuidad. ANAVI.

### 4.2. Funciones Metabólicas

a. **Metionina:** Es un aminoácido azufrado el cual se considera como esencial, y no puede ser sintetizado en el cuerpo al ritmo requerido para el desarrollo normal, debe estar presente en la dieta para cubrir los requerimientos de mantenimiento, crecimiento y producción.

Es un componente importante para tres fines: 1) Necesario como aminoácido en la formación de proteína. 2) Como fuente de grupos metilos es importante, pero no imperativa, ya que esta parte puede ser reemplazada por otros donadores apropiados. 3) Como una fuente de azufre disponible para la formación de cisteína.

Se requiere una molécula de metionina intacta para la síntesis de proteína y no hay ninguna otra que la pueda sustituir en esta función. Su importancia se basa principalmente en el uso como suplemento para aumentar el ritmo de crecimiento en animales jóvenes.

- b. Colina:** Es un componente de la lecitina y se ha demostrado, que es un factor necesario para el crecimiento, afecta al transporte de grasas, el metabolismo de carbohidratos, interviene en el metabolismo de proteínas, impide la desintegración renal hemorrágica, impide el desarrollo de hígado graso teniendo la colina una acción lipotrópica, al igual que otras sustancias como la metionina y la betaína; también es precursor de grupos metilo para la formación de otros compuestos orgánicos.

El ión colina es además en el organismo animal el precursor del ión acetilcolina, que es de extrema importancia para regular las funciones orgánicas, siendo el mediador de los impulsos nerviosos. La acetilcolina y otros compuestos más estables que estimulan su acción son importantes en farmacología, en virtud de su potente efecto en el ritmo cardiaco del corazón y los músculos lisos.

Se cree además que el 40% de colina es requerido para la metilación, siempre y cuando no se utilicen ionóforos en el alimento, ya que estos pueden inhibir la conversión de colina a betaína.

- c. **Betaína:** Se encuentra en el jugo de la remolacha (Beta vulgaris), químicamente la betaína es un compuesto de amonio cuaternario del ácido aminoacético, con tres grupos metilos unidos al átomo de hidrógeno de una molécula de glicerina  $(\text{CH}_3)_3 \text{N}^+\text{CH}_2\text{COO}^-$ . La betaína es polar y soluble al agua, químicamente estable (tolera temperaturas arriba de  $200^\circ\text{C}$ ) y está presente en todos los organismos vivos.

Es evidente que la betaína no es capaz de reemplazar a la metionina como parte estructural en proteínas y solo puede aumentar la disponibilidad de metionina a través de la función de donador de metilo, debido a su estructura bipolar y su reacción química, la cual puede donar este en forma lábil para la metilación de otros compuestos orgánicos y reacciones enzimáticas catalizadas; estos grupos metilos son necesarios en más de 100 reacciones, como la síntesis de desoxirribonucleico (DNA), ácido ribonucleico (ARN), fosfolípidos, funciones de respuesta inmune, reparación de tejidos, detoxificación de micotoxinas. Sin un donador de metil efectivo, la metionina solo produce acumulación de homocisteína, un tóxico del metabolismo de la metionina.

Las investigaciones han demostrado que la betaína como un osmoprotector, ayuda al balance electrolítico intracelular, debido a éstas funciones se usa para el control de coccidiosis en pollo de engorde donde ayuda a aliviar los efectos de la infección y apoya la acción de los coccidiostatos, mejorando notoriamente la resistencia de los epitelios estomacal intestinal.

También impide el desarrollo del hígado graso, teniendo una acción lipotrópica, al igual que otras sustancias como la metionina y la colina, tienen una respuesta comercial importante en el contenido y distribución de grasa corporal en los animales.

### **4.3. Importancia del grupo metilo.**

Participa en varias reacciones en el metabolismo celular. La utilización más importante de los grupos metilos en la mayoría de los animales es la formación de creatina y colina.

Los grupos metilos se pierden por excreción de creatina o de otras metilaminas o bien como metoxicompuestos, y se pierden también por oxidación a formaldehído. Estas pérdidas deben de compensarse mediante la ingestión de compuestos metílicos en la dieta, o por síntesis de grupos metilos transferibles.

### **4.4. Metabolismo.**

La betaína y la metionina, así como la colina, son donadores importantes del grupo metilo. Las tres fuentes son efectivas debido a que pueden desprenderse de un grupo metilo, pero cada uno tiene que pasar por una serie de transformaciones para que se absorban en el organismo.

La metionina es el donador principal de grupos metilos para la síntesis celular y una gran parte de este es usado para producir o convertir S-adenocilmetionina (SAM), por transferencia del grupo adenosil trifosfato (ATP). La S-adenocilmetionina tiene un grupo sulfónico positivamente cargado. Representa en consecuencia un compuesto rico en energía, y transfiere un grupo metilo durante la reacción de transmetilación, siendo esta una reacción irreversible que deja como subproducto la S-adenocilhomocisteína (SAH), actuando éste como un transportador cíclico de grupos metilos, luego se hidroliza, proporcionando adenosina trifosfato (ATP) más homocisteína.

La regeneración empieza con la mutilación de la homocisteína para formar metionina, siempre que estén donadores apropiados. En la medida que esto



ocurre, no hay consumo de la porción de la homocisteína de la molécula de metionina.

La colina es precursor en la regeneración de metionina, sin embargo, a fin que la liberación de energía sea lo suficientemente grande para mantener la formación y ser precursor de la regeneración de metionina, la colina primero se oxida en el carbono de alcohol para crear la betaina, la cual dona grupos metilos para convertir la homocisteína en metionina y estar disponible para la síntesis proteica. Las dos oxidaciones son necesarias para la conversión de colina en betaína y esta ocurre en la mitocondria.

La utilización de la capacidad de reciclaje de este proceso permite que sea más eficiente el uso de la homocisteína, que como resultado da metionina en la dieta. Stekol et. Al. (1953) citado por Virtanen, demostró que un grupo metil lábil de betaína es de 3 a 4 veces más eficiente que la homocisteína a metionina.

La metilación no es necesaria para producir S-adenocilmetionina (SAM) sin embargo la única forma de reciclar S-adenocilmetionina (SAM) es a través de la transmetilación, donde el paso final es la metilación de homocisteína a metionina. En esta reacción la betaína es el principal donador metilos.

#### **4.5. Producción de betaína**

El producto comercial es obtenido de la remolacha azucarera, planta de la familia de la Quenopodiácea, su nombre científico: Beta vulgaris. Su nombre común: Betabel, Betarraga, Remolacha roja.

Para la obtención de la betaina la remolacha es lavada y cortada en rodajas, a través de un proceso de maceración y aplicación de calor se extrae el jugo al cual se le llama "jugo primario", posteriormente este jugo se purifica por medio de

un procedimiento químico llamado carbonación, luego de purificado y por medio de aplicación de más calor es concentrado y se presenta un estado de líquido viscoso o jarabe llamado melaza, que no es más que el precursor de la cristalización de la azúcar. La melaza contiene cerca del 50% de azúcar, en este jugo se encuentra toda la betaina original la cual se obtiene usando el proceso de separación cromatográfica.

#### **4.6. Uso de la betaína en la alimentación animal.**

Virtanen (1992) la suplementación de betaína ha sido ampliamente utilizada en la alimentación del salmón para disminuir los efectos de tensión hiperosmótica, y también es utilizada en cerdos y terneros en el período de destete ya que es significativa en los cambios nutritivos y el desbalance osmótico de los intestinos, incrementa los anticuerpos exógenos de la leche disminuyendo la producción de patógenos.

Alaviuhkola (1990) reporta que la suplementación de betaína en dietas bajas de metionina proporcionadas a cerdos de engorde, concluyó que la betaína no tuvo efecto de ahorro de metionina como grupo donante de metilo.

Virtanen (1992) expresa que para la síntesis de metionina, carnitina y creatina utilizando la betaina como donante de metilo se concluyó, que la colina puede ser reemplazada por la betaína, la cual es más estable en dietas mezcladas, no tiene propiedades corrosivas y no anula la efectividad de las vitaminas. Se concluyó también que en pre mezclas se requirieron cantidades de betaína cristalina de 2.31 veces más que colina.

Varios ensayos realizados en Australia y Finlandia por Virtanen y Campbell. 1994 demostraron los efectos beneficiosos de añadir betaína en cantidades de 1-2 kg/t con varios niveles de metionina en la dieta, se observó que la betaína

reemplaza parte del requerimiento de metionina en los cerdos en fase de acabado y alivia los efectos negativos causados por bajos niveles de metionina en la ración. Estos resultados indican que la betaína y la metionina actúan conjuntamente sobre el desarrollo de la masa muscular, reduciendo también significativamente la acumulación de grasa dorsal, especialmente en hembras.

Según el documento Actualización de Betaína (1996) enuncia resultados obtenidos en granjas de producción avícola comercial en los Estados Unidos de Norte America, demuestran que la betaína tiene un efecto significativo sobre la eficiencia alimenticia. Respuesta similar a los resultados obtenidos con broilers que demostraron tener pérdidas menores en la utilización de los nutrientes y la eficacia alimenticia, siendo estos expuestos a niveles moderados de patógenos. La betaína puede aparentemente contrarrestar algunos de los efectos negativos del estrés gastrointestinal sobre la utilización de nutrientes en los broilers. Esto afecta la magnitud del desarrollo de la masa muscular con respecto al desarrollo de la grasa en el animal. Datos de campo recientes indican un efecto similar sobre la utilización de nutrientes y parámetros de la carcasa en los cerdos, en su fase de acabado

Según Avances de Betaína en nutrición animal (s.f.) indica que el Dr. Ferkel en North Carolina State University. en experimentos con pavos sujetos a problemas diarreicos indican que la suplementación con betaína pueden reducir notablemente la pérdida de agua en animales con diarrea. Aunque no se demostró todavía si las células epiteliales del intestino pueden acumular betaína a través de un mecanismo de transporte activo, menor acumulación de potasio, y un alivio de los efectos inhibidores de la urea.

#### **4.7. Uso de la betaína en el pollo de engorde**

Revisando la literatura en el folleto, Como funciona la Metionina, Rostango y Pack (1996) en la universidad de Vicoso, Brasio y por Schutte y colaboradores (1997)

en el ILOB Wageningen, Holanda. Con dietas diferentes basadas en metionina y con colina suplementada. Se encontró que la metionina si podría ser sustituida por betaína en su función de aminoácido esencial. Concluyendo en que: 1) La metionina, colina y betaína tienen cada una, funciones precisas en el metabolismo y en el cual ninguna puede ser sustituida totalmente por la otra. 2) Adicionalmente los componentes pueden ser reemplazados por los otros en cantidades iguales como donadores de grupo metilo. 3) Cuando la betaína se agrega a las dietas diferentes de metionina, conteniendo niveles adecuados de colina, no se observa ningún resultado benéfico. Esto claramente demuestra que la betaína no puede reemplazar totalmente a la metionina en sus funciones como aminoácido esencial en la síntesis proteica.

En la literatura The Betafin (1994), se realizó un estudio utilizando la betaína como sustituto de la DL-Metionina y colina en dietas para pollos de engorde, donde obtuvieron las siguientes conclusiones:

- 1) En ganancia de peso siempre se encontró respuesta a la suplementación a betaína sobre el nivel bajo de metionina. Así mismo no encontraron diferencias estadísticas significativas entre la dieta con niveles adecuados de metionina y suplementadas con betaína.
- 2) En conversión alimenticia, en el período de iniciación se encontró un efecto en la suplementación de betaína sobre la dieta baja en metionina.
- 3) En la grasa abdominal se constató un efecto de la betaína a producir canales más magras.
- 4) No fueron encontradas diferencias estadísticas significativas de importancia en la mortalidad.
- 5) La ganancia de peso y conversión alimenticia no se vio afectada cuando se utilizó betaína como sustituto de cloruro de colina y DL Metionina.

Existen también pruebas corridas bajo condiciones prácticas y usando dietas no drásticamente deficientes en cisteína, la betaína no puede ahorrar 20 – 25 % del requerimiento de metionina en pollos. En estas pruebas, el nivel de colina en la dieta fue siempre adecuado, y en algunas pruebas las dietas fueron suplementadas con niveles de colina clorada.

Usando mezclas maíz-soya o trigo-cebada-soya en las dietas, demostraron que la betaína puede aportar una parte significativa de metionina, con dietas provistas de suficientes niveles de colina. Virtanen y Rosi (1997) enuncian que un sistema particular de dietas de homocisteína es marginal, concluyendo que la betaína solo puede ahorrar parte de metionina, ya que puede perderse en el ciclo de transmetilación. y demostraron que el 25% de metionina requerida por los pollitos puede ser economizada con betaína, cuando las aves son desarrolladas en condiciones adecuadas y alimentadas con dietas de maíz y soya.

Betafin indica que Rostango y Pack (1996) reportaron que la betaína no economizó metionina en sus ensayos. Utilizaron una dieta básica baja en cisteína conteniendo alrededor de un 60% de metionina del requerimiento de los pollitos. El ensayo fue realizado bajo optimas condiciones de higiene. En este ensayo, la necesidad de metionina para la metilación fue minimizada por lo que la cantidad de homocisteína para la máxima síntesis de cisteína resultó ser mínima. Bajo éstas circunstancias se encontró que la betaína juega un papel menor en el metabolismo de metionina. Estas mismas condiciones fueron aplicadas al estudio de Schutte y colaboradores (1995).

Indica, Betafin que con las dificultades patógenas que normalmente se presentan en las galeras de pollo de engorde, un alto nivel de metilación es necesario para prevenir la pérdida de metionina en la transmetilación. Sin un donador de metilo efectivo, la metionina adicional sólo produce acumulación de homocisteína. Esto debería explicar por qué las respuestas de metionina en las

condiciones prácticas son alejadas de lo reportado por Shutte et. el. (1995) y Rostango y Pack (1996).

The Betafin (1994) en estudios realizados en Estados Unidos de Norte America demostró que la betaína juntamente con un coccidiostato no ionóforos en aves expuestas a coccidia, disminuyeron las pérdidas de rendimiento inducida por estrés, concluyendo que la betaína aumenta la absorción de nutrientes en pollos afectados por coccidia, mientras que la colina y la metionina no produjeron efectos similares.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 5.1. Localización:

El estudio se realizó en la "Granja Experimental" de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, la cual se encuentra dentro de la zona de vida "Bosque húmedo subtropical templado", a una altura de 1,551.5 msnm., con una temperatura que varía de 20 a 26°C y una precipitación pluvial que oscila entre 1,100 a 1,345 mm/año.

### 5.2. Manejo del Experimento:

El levante de los pollos tuvo una duración de seis semanas (42 días). El estudio se llevó a cabo entre la 3ra. y 6ta. semana (21 días).

Inicialmente se efectuó una limpieza y desinfección con amonio cuaternario del recinto (galera) y equipo, se preparó la cama, para luego efectuar la ubicación de los pollitos de un día de edad alojándolos en rodete, ofreciéndoles agua durante las primeras dos (2) hrs. y luego alimento *al libitum* 5 veces al día.

Durante los primeros veintiuno (21) días todos los pollitos permanecieron como un mismo lote. Luego se separaron en tres grupos, los cuales se manejaron independientemente.

Dentro del plan profiláctico se vacunaron a los ocho (8) días de edad contra Newcastle cepa La Sota y posteriormente se aplicó un refuerzo a los veinte y ocho (28) días; para garantizar su eficacia ambas vacunas se aplicaron al ojo y al agua.

El plan de alimentación se realizó de acuerdo a lo planificado y utilizando las diferentes dietas balanceadas según cuadro No.1, llevándose un control de lo ofrecido y rechazado para calcular el consumo, en base a ello se levantaron registros de aumentos de peso hasta los cuarenta y dos (42) días.

**Cuadro No.1. FORMULA DE LA DIETA FINALIZADORA**

<b>Costo Q.</b>	<b>95.14</b>	<b>94.96</b>	<b>94.66</b>
<b>Ingredientes</b>	<b>Trat. 1</b>	<b>Trat. 2</b>	<b>Trat. 3</b>
Maíz amarillo	110.05927	109.93023	109.96246
Soya	51.95390	51.94985	51.94985
Aceite de palma	12.38058	12.37963	12.37963
Bicarbonato de sodio 21%	3.12696	3.12673	3.12673
Carbonato de cal. 38%	2.48066	2.48048	2.48048
Sal	0.77447	0.77442	0.77442
Pre mezcla de vitaminas y minerales	0.36337	0.36360	0.36360
Absorbente de micotoxinas aluminosilicatos	0.36337	0.36333	0.36333
Metionina	0.27952	0.22043	0.22043
Salinomicina 12%	0.01791	0.17948	0.17907
Betaina	0.00000	0.03182	0.00000
<b>Total</b>	<b>181.80000</b>	<b>181.80000</b>	<b>181.80000</b>



**Cuadro No. 2. CONTENIDO NUTRICIONAL DE LAS DIETAS UTILIZADAS**

<b>Nutricionalmente</b>	<b>Trat. 1</b>	<b>Trat. 2</b>	<b>Trat. 3</b>	<b>U. de Med.</b>
Fibra	2.47	2.47	2.47	%
Proteina	18.66	18.64	18.65	%
Grasa Total	9.85	9.85	9.85	%
Treonina	7.25	7.25	7.25	G/KG
Triptofano	2.22	2.22	2.22	G/KG
Calcio	9.00	9.00	9.00	G/KG
Lisina AAA	8.44	8.45	8.45	G/KG
Metionina + Cis AAA	6.80	6.48	6.48	G/KG
Metionina AAA	4.12	3.80	3.80	G/KG
Fosforo Total	7.1204	7.1214	7.1227	G/KG
Energ. Metabolizable	3,225	3,388.80	3,388.90	Kcal/KG

**5.3. Materiales utilizados en la producción:**

- Una galera de 70 mts. por 12 de ancho 24 divisiones, cada una de 1 mt.<sup>2</sup>
- 192 pollos de la línea Arbor Acres, de un día de nacidos.
- Amonio cuaternario.
- 181.8 kg. de alimento terminado por tratamiento.
- Cascarilla de arroz.
- 192 dosis de vacuna Newcastle cepa La Sota gota al ojo.
- 1 Criadora.
- 1 Cilindro de gas.
- 24 Comederos tipo tolva
- 24 Bebederos.
- Cortinas de polietileno.
- Termómetro.
- Báscula.
- Botas.
- Batas.
- Guantes.

#### **5.4. Materiales utilizados en la matanza:**

- Botas
- Manguera.
- Batas.
- Hielo.
- Redecillas.
- Balanza
- Agua caliente
- Cajas plásticas
- Detergente
- Bolsas plásticas.
- Cloro.
- Hieleras.
- Cuchillos.
- Cuarto frío.
- Tabla

#### **5.5. Actividades en el proceso de matanza**

El faenado se realizó artesanalmente, siguiendo el procedimiento plenamente establecido de buenas prácticas de manufactura.

- Colgado del pollo vivo.
- Degollado.
- Escaldado a 59.44 °C
- Desplumado.
- Lavado.
- Corte de cabeza y patas.
- Corte de cloaca y abdomen.

- Extracción y exposición de vísceras
- Cosecha de hígado, corazón y molleja.
- Determinación visual de hígado graso.
- Limpieza y lavado de hígado, corazón y molleja.
- Retiro del resto de viseras.
- Revisión final de la canal.
- Lavado final de la canal.
- Inmersión de la canal en agua a temperatura entre 10 a 12 °C durante 12 minutos aproximadamente.
- Inmersión de la canal con agua a 0°C; para lograr una temperatura interna no mayor a 4°C.

#### **5.6. Proceso para el manejo de datos**

- Peso del pollo frío.
- Retiro de la grasa abdominal
- Peso de la grasa abdominal.
- Retiro de alas, piel y piernas
- Retiro de filete de pechuga.
- Peso de filete de pechuga.
- Se llevó a un cuarto frío para su conservación.

#### **5.7. Manejo de datos:**

En el registro de campo se incluyeron las siguientes variables:

- Consumo de Alimento: (kg) en el cual se resta la cantidad de alimento rechazado de lo ofrecido en los comederos.

- Conversión Alimenticia: mediante la relación entre el consumo de alimento y el peso del ave.
- Control de peso: (kg) al inicio del ensayo y consecutivamente cada semana hasta completar los cuarenta y dos días en que terminó el ensayo.
- Porcentaje de grasa abdominal: pesando la carcasa ya limpia y luego a la grasa retirada.
- Rendimiento de pechuga: tomando el peso de esta comparado con el peso del pollo frío, en términos de porcentaje.
- Porcentaje de hígado graso: determinado visualmente por color y consistencia.

#### **5.8. Tratamiento y diseño del experimento:**

Para el siguiente estudio se diseñaron y utilizaron tres tratamientos con una distribución completamente al azar, cada tratamiento constó de ocho repeticiones conformado por ocho pollos la unidad experimental. Los tratamientos que se evaluaron son los siguientes:

Tratamiento No. 1 Normal Metionina sin Betaína (colina normal)

Tratamiento No. 2 Baja Metionina más Betaína.

Tratamiento No. 3 Baja Metionina sin Betaína (colina NRC)

Las variables ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, fueron analizadas mediante un análisis de varianza en base al siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = M + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta asociada a la ij-esima unidad experimental.

$M$  = Media general.

$T_i$  = Efecto del i-ésimo nivel de tratamiento

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la ij=iésima unidad experimental.

$i = 1,2,3,\dots,\dots, i$  tratamientos.

$j = 1,2,3,\dots,\dots, i$  repeticiones.

A las variables que presentaron diferencia estadística se procedió a realizar una prueba de Tukey.

Las variables mortalidad, grasa abdominal, rendimiento de pechuga e hígado graso fue representado en forma porcentual..

## **5.9. Análisis Económico:**

Se evaluaron económicamente los tratamientos a través de la tasa marginal de retorno.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, así como su respectiva discusión:

### 5.10. Ganancia de Peso Total.

Como se observa en el cuadro tres, los resultados obtenidos del análisis estadístico, indican que bajo las condiciones en que se realizó el estudio, no se detectaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos para las tres semanas evaluadas.

**Cuadro No. 3 Ganancia de peso total (g.) obtenido cada semana por tratamiento.**

<b>Ganancia Total (g.)</b>	<b>T. 1 Normal metionina sin betaina</b>	<b>T. 2 Baja metionina mas betaina</b>	<b>T. 3 Baja metionina sin betaina</b>	<b>Probabilidad</b>
4ta. Semana	554.75 <sup>a*</sup>	531.60 <sup>a</sup>	520.28 <sup>a</sup>	0.488
5ta. Semana	665.55 <sup>a</sup>	666.72 <sup>a</sup>	677.37 <sup>a</sup>	0.938
6ta. Semana	585.22 <sup>a</sup>	651.22 <sup>a</sup>	583.67 <sup>a</sup>	0.185

\* Medias con diferente letra presentan diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ )

Según The Betafin Briefing (1994) en un estudio con pollos, menciona que la betaina mejoró la absorción de nutrientes y vitaminas a nivel intestinal, no obstante la ganancia de peso fue similar, estos resultados concuerdan con lo obtenido en el

presente estudio donde la sustitución de betaína por metionina no mejoró esta variable.

### 5.11. Consumo de alimento.

Como se observa en el cuadro número cuatro, los resultados obtenidos del análisis estadístico, indican que bajo las condiciones en que se realizó el estudio, en la cuarta semana no se detectaron diferencias estadísticas significativa ( $p>0.05$ ) en el consumo de alimento total entre tratamientos. Mientras que en la quinta y sexta semana si se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P<0.05$ ), siendo el tratamiento dos (sustitución de metionina por betaina) superior a los otros dos tratamientos.

**Cuadro No. 4 Consumo de alimento total (g.) obtenido en cada semana por tratamiento**

	<b>T. 1 Normal metionina sin betaina</b>	<b>T. 2 Baja metionina más betaina</b>	<b>T. 3 Baja metionina sin betaina</b>	<b>Probabilidad</b>
4ta. Semana	964.64 <sup>a</sup>	970.18 <sup>a</sup>	963.20 <sup>a</sup>	0.909
5ta. Semana	1393.30 <sup>b</sup>	1465.49 <sup>a</sup>	1372.29 <sup>c</sup>	0.0317
6ta. Semana	1400.60 <sup>b</sup>	1491.16 <sup>a</sup>	1342.69 <sup>c</sup>	0.0145

\* Medias con diferente letra presentan diferencia estadística significativa. ( $P<0.05$ )

The Betafin Briefing (1994) y Morales (1999) concuerdan en sus estudios que encontraron un incremento en el consumo de alimento y en el crecimiento del pollo al usar betaína en la ración; al igual que se observó en este estudio.

### **6.3. Conversión Alimenticia.**

Como se observa en el cuadro cinco los resultados obtenidos del análisis estadístico, indican que no se detectaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos, en la etapa finalizadora del engorde, de la cuarta a la sexta semana.

Estos resultados demuestran que la utilización de betaina no afectó la conversión alimenticia cuando se sustituye la metionina.

Sin embargo The Betafin Briefing (1994) y Morales (1999) si encontró que el uso de betaina mejoró la conversión alimenticia únicamente en la etapa de inicio. Se atribuye a que la betaina como donador de metilos ayuda a la absorción de nutrientes y vitaminas.



**Cuadro No. 5 Conversión Alimenticia obtenida en cada semana por tratamiento.**

<b>Conversión Alimenticia</b>	<b>T. 1 Normal metionina sin betaina</b>	<b>T. 2 Baja metionina mas betaina</b>	<b>T. 3 Baja metionina sin betaina</b>	<b>Probabilidad</b>
4ta. Semana	1.744 <sup>a*</sup>	1.871 <sup>a</sup>	1.863 <sup>a</sup>	0.5069
5ta. Semana	2.100 <sup>a</sup>	2.254 <sup>a</sup>	2.044 <sup>a</sup>	0.3483
6ta. Semana	2.410 <sup>a</sup>	2.346 <sup>a</sup>	2.311 <sup>a</sup>	0.793

\* Medias con diferente letra presentan diferencia estadística significativa. (P<0.05)

#### **6.4. Resultados en el proceso de matanza.**

##### **6.4.1. Porcentaje de hígado graso**

Como se observa en el cuadro seis los resultados obtenidos demostraron que el tratamiento que utilizó betaina (tratamiento dos) provocó mayor hígado graso en las aves. También se pudo observar que el uso de niveles bajos de metionina en la ración se comporto de igual forma. El tratamiento uno fue el que no presentó efectos altamente negativos en formación de hígado graso.

**Cuadro No. 6 Variables evaluadas durante el proceso de matanza**

<b>Variables (%)</b>	<b>T. 1 Normal metionina sin betaina</b>	<b>T. 2 Baja metionina mas betaina</b>	<b>T.3 Baja metionina sin betaina</b>
<b>HIGADO GRASO</b>	0.063	0.375	0.25
<b>GRASA ABDOMINAL</b>	2.221	2.356	2.418
<b>RENDIMIENTO DE PECHUGA</b>	23.749	23.195	23.029

Sugiyama (1986) indica que esta variable es de importancia comercial por ser la betaína un donador de metilos en el metabolismo, induciendo la movilización de los lípidos hacia el hígado, esta condición perjudica el mercadeo del hígado.

#### **6.4.2. Porcentaje de grasa abdominal y rendimiento de pechuga**

Como se observa en el cuadro seis los resultados obtenidos del análisis estadístico, no detectaron diferencias estadísticas significativa ( $p > 0.05$ ) en el porcentaje de grasa abdominal y rendimiento de pechuga entre tratamientos estudiados, en la etapa finalizadora del engorde.

Sin embargo Spanish (2000), Virtanen y Campbell (1994), Greimann (2010) en su estudio, constatan que hay un efecto de la betaína por su actividad lipotrópica, promoviendo el metabolismo de las grasas, reduciendo la grasa corporal y por ende la grasa abdominal, aumentando el índice de carnes magras en los animales,

mejorando la calidad de la misma, ayudando a la síntesis proteica y mejorando la mayor deposición de musculo en menor tiempo, resultados que no fueron confirmados en este estudio.

## 6.5. Resultados económicos:

### 6.5.1. Peso vivo

Para el análisis económico de los datos, se utilizó la metodología de presupuesto parcial, como se describe en el cuadro No. siete.

Los beneficios netos fueron más altos para el tratamiento 1 (normal metionina sin betaina), también se puede observar en ese mismo cuadro que en los tratamientos en los que se utilizó la sustitución de metionina por betaina tratamiento dos y el tratamiento tres en el cual se utilizó niveles bajos de metionina fueron menores, observándose que no existieron diferencias entre estos dos últimos tratamientos.

**Cuadro No.7. Beneficios brutos y costos que varían para determinar el presupuesto parcial por tratamiento de la variable peso vivo total.**

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
<b>PESO VIVO TOTAL.</b> Kg. (16 pollos)	39.54	38.89	38.41
Q /Kg (4.70 lb = 10.374 Kg)	10.34	10.34	10.34
<b>INGRESO BRUTO Q.</b>	<b>408.84</b>	<b>402.12</b>	<b>397.16</b>
<b>COSTOS QUE VARIAN</b>			
Consumo Alimento Balanceado	59.43	60.68	58.30
Q/ Kg Alimento Balanceado	2.093	2.089	2.082
<b>TOTAL DE COSTOS QUE VARIA</b>	<b>124.38</b>	<b>126.76</b>	<b>121.38</b>
<b>BENEFICIOS NETOS</b>	<b>284.46</b>	<b>275.36</b>	<b>275.78</b>

Después de determinar los beneficios netos de cada tratamiento, se realizó un análisis de dominancia; el cual consistió en ordenar los datos de menor a mayor en base a los costos y beneficios netos; se dice que es dominado, cuando el tratamiento tenga un costo mayor y un menor beneficio, excluyéndolo del análisis.

En el cuadro No. ocho se calculó la tasa marginal de retorno y se puede observar que el tratamiento uno, obtuvo una tasa marginal de retorno del 288.37 % en comparación con el tratamiento tres, lo que significa, que por cada unidad monetaria que se invierte en el tratamiento uno (normal del requerimiento de metionina), se recupera el quetzal que se invirtió más Q.2.88 quetzales.

**Cuadro No. 8. Análisis de la tasa marginal de retorno de la variable peso vivo.**

Tratamientos	Total costos que varían	Costos marginales	Beneficios netos	Beneficios netos marginales	Tasa marginal de retorno %
<b>3</b>	<b>121.38</b>		<b>275.78</b>		
<b>1</b>	<b>124.39</b>	3.01	<b>284.46</b>	8.68	288.37

## VII. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el experimento se determinó que:

1. En las variables evaluadas, ganancia de peso total y conversión alimenticia, no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en la sustitución parcial de metionina por betaina.
2. Para la variable consumo total del alimento en la quinta y sexta semana, existió diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados, siendo el de mayor consumo el tratamiento donde se sustituyó parcialmente la metionina por betaina.
3. Para las variables porcentuales de grasa abdominal y de pechuga, no existió diferencia significativa entre los distintos tratamientos ( $P > 0.05$ ). Mientras que para el porcentaje de hígado graso fue afectado en los tratamientos que utilizaron betaina y bajo niveles de metionina en la ración de los pollos.
4. El tratamiento que presentó la mayor tasa marginal de retorno de 288.37 % fue el tratamiento uno (testigo) que utilizó el requerimiento normal de metionina.

## VIII. RECOMENDACIONES

1. Salvo casos de escasos o de elevado precio de la metionina en el mercado, no se justifica la utilización de la betaina como sustituto parcial de la metionina en la alimentación del ave en la etapa finalizadora de engorde en pollos, ya que no mejoró el comportamiento productivo.
2. Evaluar la sustitución parcial de metionina por betaina para el pollito de 0 a 21 días (etapa iniciadora).

## IX. RESUMEN

**Morales Monroy, Pahola Gloria Marina. 2010.** “Sustitución parcial de metionina por betaina en la nutrición de pollos de engorde”. Tesis Lic. Zoot. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 37p.

Se realizó el estudio con el objeto de evaluar la sustitución parcial de metionina por betaina en el alimento finalizador de pollo de engorde medidos en términos de ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de grasa abdominal, porcentaje de rendimiento de pechuga, porcentaje de hígado graso y evaluar económicamente los tratamientos a través de la tasa marginal de retorno. Se utilizaron 192 pollos mixtos línea arbor acres, con un diseño estadístico de distribución completamente al azar, en tres tratamientos de ocho repeticiones, conformado por ocho pollos la unidad experimental. El estudio tuvo una duración de 42 días, evaluando resultados entre la cuarta a la sexta semana. Los tratamientos evaluados fueron: Tratamiento uno normal metionina sin betaína. Tratamiento dos baja metionina más betaína. Tratamiento tres baja metionina sin betaína. Los parámetros evaluados fueron: ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de grasa abdominal, porcentaje en el rendimiento de pechuga, porcentaje de hígado graso y la evaluación económica se realizó en base a la tasa marginal de retorno, utilizando el presupuesto parcial, para obtener los beneficios netos partiendo de la variación de costos.

Bajo las condiciones en que se realizó el ensayo, en lo que respecta a las variables ganancia de peso total, conversión alimenticia, porcentaje de grasa abdominal y rendimiento de pechuga, no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, para las tres semanas evaluadas. La variable consumo de alimento total, evaluado en la cuarta semana no detectó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, mientras que en la quinta y sexta semana, si se detectaron diferencias estadísticas significativas, siendo el tratamiento dos superior a los otros dos tratamientos. En el mismo tratamiento, con respecto a la variable hígado graso, esta fue detectada y medida. Situación que se repitió en el

tratamiento tres. En la medición de la misma variable en el tratamiento uno no se presentó formación de hígado graso.

Los resultados del análisis económico fueron más altos para el tratamiento uno, también se puede observar que en los tratamientos dos y tres fueron menores y no existieron diferencias entre estos dos últimos tratamientos. La tasa marginal de retorno que se obtuvo en el tratamiento uno, fue del 288.37 %.



## SUMMARY

**Morales Monroy, Pahola Gloria Marina. 2010.** "Partial Substitution of metionina instead of betaine in the nutrition of broiler chicken". Tesis Lic. Zoot. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 37p.

This study was carried out with the purpose to evaluate the partial substitution of metionina instead of betaine in the finisher feed of broiler chicken measure in terms of weight gain, food consumption, alimentary conversion, percentage of abdominal grease, chicken breast performance percentage, percentage of greasy liver and the marginal rate of return to evaluate economically the treatments. This study was based on 192 chicken mixed line arbor acres, with a statistical design of a complete random distribution, in three treatments with eight repetitions, conformed the experimental unit of eight chickens. The study had a duration of 42 days, evaluating the results among the fourth through the sixth week. The treatments evaluated were: Treatment one, normal metionina without betaine. Treatment two, low metionina and more betaine. Treatment tree, low metionina without betaine. The variables evaluated were: weight gain, food consumption, alimentary conversion, percentage of abdominal grease, chicken breast performance percentage, percentage of greasy liver and the marginal rate of return was used to evaluate economically the treatments, based on partial budget, to obtain the net benefit based on the cost variation.

Under the conditions that the study was carried out, with respect to the variables total weight gain, alimentary conversion, percentage of abdominal grease and chicken breast performance, no statistically significant difference were detected between treatments, for the first three weeks evaluated. The variable total food consumption, evaluated in the fourth week, did not detect statistically significant difference between treatments, while in the fifth and sixth week was detected a statistically significant difference between treatments, being treatment two superior

over the two other treatments. In the same treatment, with respect to the variable greasy liver, this was detected and measured. This situation was repeated in the treatment tree. In the measurement of the same variable in the treatment 1 not formation of greasy liver was presented.

The results of the economic analysis were higher for the treatment 1, also is noticed that treatments 2 and 3 had a lower result and there is not a difference between this two last treatments. The marginal rate of return for treatment 1, was 288.37 %.

## X. BIBLIOGRAFÍA.

1. Actualización sobre betaína. 1996. (Conferencias). México, Boquimex Reka. 20 p.
2. Alaviuhkola, T; Suom, K. 1990. Effect of betaina supplementation of low methionine diet for growing pig. *Annales Agriculturae Fenniae*. (Finland). 29 (2) : 127-129. (Correspondencia personal).
3. Avances de betaína en nutrition animal. s.f. México, Bioquinex Reka. 19 p.
4. Banco de Guatemala. 1997. Estadística de producción consumo interno, exportación, importación y precios de los principales productos pecuarios. Departamento de Estadísticas Económicas, Sección de Cuentas Nacionales. P.irr.
5. Betafin. In Broiler feeds. s.f. Alemania, Finnsugar bioproducts. 6 p.
6. \_\_\_\_\_. 2000. Shandong, CN, Alibaba.com (en línea). Consultado 20 mar. 2010. Disponible en <http://spanish.alibaba.com/product-gs/betaine-277192446.html>
7. Bohisnski, R C. 1987. Bioquímica. Trad. María Antonieta Valenzuela y Javier Puente. 2 ed. México, D.F., Iberoamericana. 620 p.
8. Cómo funciona la metionina, la colina y la betaina en el organismo animal?. 1997. Tecnología Avipecuaria. (México). 11(125) : 39-42.
9. Compendio de agronomía tropical. 1989. San José C. R., Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. T.2., 693 p.

10. Cruz, J. R. de la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento; según sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
11. Enciclopedia de tecnología química. 1989 (a) México D.F. UTEHA. v. 2. p. 193,871.
12. Escamilla Arce, L. 1968. Manual práctico de agricultura moderna. México, Continental. 463 p.
- 13.-----: 1989 (b) México D. F., UTEHA. v.3. 178 p.
- 14.-----: 1989 (c) México D. F., UTEHA. v.5. 40-47 p.
15. Evans, EA. 2009. Análisis marginal: Un procedimiento económico para seleccionar tecnologías o prácticas alternativas. (en línea). Consultado 20 mar. 2010. Disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/fe573>
16. Forat, M.; Casarin, A. s. f. Betaína como sustituto DL Metionina y colina en dietas para pollo de engorde. Alemania, Bioquimex. s.p.
17. Greimann, H. 2010. La betaina mejora la utilización de la energía en credos (en línea). Consultado 20 mar. 2010. Disponible en [http://www.engormix.com/betaina\\_mejora\\_utilizacion\\_energia\\_s\\_articulos\\_266\\_7\\_POR.htm](http://www.engormix.com/betaina_mejora_utilizacion_energia_s_articulos_266_7_POR.htm)
18. Maynard, L.D; Lossli, J. K. 1975. Nutrition animal. 3 ed. México, D. F., UTEHA. 638 P.
19. McGilvey, R.W. 1972. Bioquímicos. Trad. María Teresa Toral. México, Interamericana.

20. \_\_\_\_\_. 1974. Conceptos bioquímicos. Trad. Manuel Rosell Pérez y Fusto García Hegard. Barcelona, Esp., Revert. 594 p.
21. Milles, R., Butcher, G. 1997. Remplazar vs. Ahorrar. Industria Avícola. (México). 11: 29-31.
22. Morales Barrera, JE. 1999. Evaluación de aminoácidos digestible en ingredientes y el comportamiento productivos de pollos de engorda y gallinas de posturas con dietas en base de aminoácidos totales, y aminoácidos digestibles mediante el concepto de proteína ideal. PhD. Tesis Ciencias Pecuarias. Colima, MX, Universidad de Colima. 97 p.
23. Noller, C.R. 1966. Química orgánica. Trad. María Teresa Toral. 3 ed. México., D. F., Interamericana. 613 p.
24. Rossi, L. 1997. Can betafin spare methionine ?. Betafin News. (Alemania) 1:3
25. Sugiyama, K; Aka I, H; Muramatsu, K. 1986. Effects of methionine and related compounds on plasma cholesterol level en rats fed high cholesterol diet. J. Nutri. Sci. Vitaminol., 32: 537:549
26. The Betafin. Briefing. 1994. Alemania, Betafin. 56 p.
27. Virtan, E; Campbell, R. 1994. Reduzierung der Ruckenpeckdicke durch Einsatz von Betain bei Mastschweinen (Reduction of backfat thickness through betaine supplementation of diets dor fattening pigs). Handbuch der tierischen Veredlung. Verlag H. Kamlage, Osnabruerk, Deutschland, 19:145-150
28. Virtanen, E. 1992. Betaine as an effective methyl donor. Kraftfulter. (Alemania). No. 6:261-262.

29. \_\_\_\_\_. 1997. Continuing the debate: beyaine, methionine and choline.  
Feed Milling International (Alemania), 3 p.