

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPUS MONTECILLO
RADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE DE DOS ACEITES ACIDULADOS DE SOYA Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE POLLAS Y GALLINAS BOVANS WHITE

JENNIFER PÉREZ MARTÍNEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2011

LA PRESENTE TESIS TITULADA: ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE DE DOS ACEITES ACIDULADOS DE SOYA Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE POLLAS Y GALLINAS BOVANS WHITE, REALIZADA POR LA ALUMNA: JENNIFER PÉREZ MARTÍNEZ BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO


Dr. JUAN MANUEL CUCA CARGÍA

ASESOR


Dr. ARTURO PRO MARTÍNEZ

ASESOR


Dr. ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ

ASESOR


Dr. GUSTAVO RAMÍREZ VALVERDE

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, FEBRERO DE 2011

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

A los miembros del Consejo particular:

Dr. Manuel Cuca García por apoyarme por más de 2 años y por la disponibilidad que siempre tuvo para las cientos de dudas que surgieron en el camino.

Dr. Arturo Pro Martínez.

Dr. Gustavo Ramírez Valverde.

Dr. Ernesto Ávila Gonzales.

A mis amigos de Colegio de Postgraduados.

DEDICATORIA

A MI PAPA Y A MI MAMA POR APOYARME INCONDICIONALMENTE.

A MI FAMILIA POR ESTAR SIEMPRE CERCA.

A MI ESPOSO POR AYUDARME SIEMPRE.

CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPÍTULO I. EVALUACIÓN DE DOS ACIDULADOS DE SOYA Y ESTIMACIÓN DE SU EREGIA METABOLIZABLE EN POLLAS BOVANS DE 0 A 18 SEMANAS	2
Resumen.....	3
Abstrac.....	4
Introducción.....	5
Revisión de Literatura	
Energía.....	6
Energía Bruta.....	6
Energía digestible.....	7
Energía metabolizable.....	7
Energía metabolizable aparente.....	7
Energía metabolizable verdadera.....	8
Energía neta.....	8
Energía neta para mantenimiento	8
Energía neta para la producción	8
Lípidos.....	10
Clasificación general.....	10
Clasificación de las grasas.....	10
Ventajas de la utilización de grasas y aceites.....	12

Desventajas de la utilización de aceites.....	13
Oxidación de los lípidos.....	13
Calidad de las grasas.....	14
Requerimientos de energía metabolizable para pollas.....	15
Digestión y absorción de las grasas.....	15
Aceite crudo de soya.....	17
Aceites Acidificados “soapstocks”.....	19
Justificación.....	23
Hipótesis.....	23
Objetivos.....	24
Objetivos particulares.....	24
Materiales y Métodos.....	25
Experimento 1	25
Determinación de la energía metabolizable verdadera.....	25
Fase de experimentación.....	26
Experimento 2	
Manejo de las aves.....	28
Características estudiadas.....	29
Dietas experimentales.....	29
Análisis estadístico.....	32
Perfil de ácidos grasos de los aceites.....	34
Costos de producción.....	34
Resultados y Discusiones.....	34

Conclusiones.....	41
Literatura citada.....	42
 CAPÍTULO II. EVALUACIÓN DE DOS ACIDULADOS DE SOYA EN LA PRODUCCIÓN DE GALLINAS BOVANS WHITE	
Resumen.....	48
Abstrac.....	49
Introducción.....	50
Revisión de Literatura	
Producción de huevo en México.....	51
Requerimientos de gallinas ponedoras.....	51
Composición del huevo.....	52
Composición lipídica en la yema.....	53
Peso del huevo.....	53
Pigmentación.....	53
Justificación.....	54
Hipótesis.....	54
Objetivos.....	55
Materiales y Métodos.....	55
Variables a medir.....	57
Respuesta productiva.....	57
Calidad del huevo.....	57
Composición de ácidos grasos en huevo.....	57
Costos de producción.....	57

Análisis estadístico.....	58
Resultados y Discusiones.....	59
Conclusiones.....	66
Literatura citada.....	67
Anexos.....	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro Núm.		Pág.
Cuadro 1.	Nomenclatura de los ácidos grasos más comunes.....	11
Cuadro 2.	Composición de ácidos grasos de aceite crudo de soya (%).....	19
Cuadro 3.	Composición de ácidos grasos de aceite acidulado de soya (%).....	22
Cuadro 4.	Niveles de aceite (%) durante las etapas de iniciación, crecimiento y desarrollo.....	28
Cuadro 5.	Calendario de vacunación.....	29
Cuadro 6.	Composición de las dietas experimentales durante la etapa de 1 a 6 semanas.....	30
Cuadro 7.	Composición de las dietas experimentales durante la etapa de 7 a 12 semanas.....	31
Cuadro 8.	Composición de las dietas experimentales durante la etapa de 13 a 18 semanas.....	32
Cuadro 9.	Perfil de Ácidos grasos en aceites.....	35
Cuadro 10.	Energía Metabolizable Verdadera de los aceites.....	37
Cuadro 11.	Peso corporal de las pollas (g) de 1 a 18 semanas de edad.....	39
Cuadro 12.	Consumo de alimento ave/día (g) de 1 a 18 semanas de edad.....	39
Cuadro 13.	Conversión alimenticia de 1 a 18 semanas.....	40
Cuadro 14.	Costo de producción de las dietas en pollas (Kg) de 1 a 18 semanas.....	41
Cuadro 15.	Composición y análisis calculado de las dietas experimentales (%).....	56
Cuadro 16.	Variables productivas durante 16 semanas de experimentación en gallinas Bovans White.....	61
Cuadro 17.	Calidad de huevo en gallinas alimentadas durante 16 semanas con diferentes aceites.....	62

Cuadro Núm.	Pág.
Cuadro 18. Perfil de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) en huevo, en gallinas ponedoras alimentadas durante 12 semanas con diferentes aceites acidulados, y a diferentes niveles de inclusión.....	63
Cuadro 19. Disminución del costo de producción de los aceites acidulados.....	66
Cuadro 20. Costo de los ingredientes utilizados para las dietas	70
Cuadro 21. Resultados de la composición de ácidos grasos del huevo al inició del experimento (día cero) (%).....	70
Cuadro 22. Resultados de la composición de ácidos grasos (%) del huevo después de alimentar a gallinas ponedoras con dos aceites acidulados de soya en la semana 4.....	71
Cuadro 23. Resultados de la composición de ácidos grasos (%) del huevo después de alimentar a gallinas ponedoras con dos aceites acidulados de soya en la semana 8.....	71
Cuadro 24. Resultados de la composición de ácidos grasos (%) del huevo después de alimentar a gallinas ponedoras con dos aceites acidulados de soya en la semana 12.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Núm.		Pág.
Figura 1.	Utilización de la energía ingerida por el ave Sibbald (1982).....	9
Figura 2.	Extracción del aceite crudo de soya.....	18
Figura 3.	Extracción del aceite acidulado	22
Figura 4.	Alimentación precisa.....	27
Figura 5.	Composición total de ácidos grasos saturados de los aceites.....	35
Figura 6.	Composición total de ácidos grasos monoinsaturados de los aceites.....	36
Figura 7.	Composición total de ácidos grasos poliinsaturados de los aceites.....	36
Figura 8.	Aparato Egg Multi Tester (QCM System, Technical Services y Supplies, Dunnington, Reino Unido) y micrómetro.....	58
Figura 9.	Pigmentación del huevo de gallinas alimentadas con diferentes aceites.....	62
Figura 10.	Composición total de ácidos grasos en huevo.....	65

INTRODUCCIÓN GENERAL

La avicultura es una de las actividades pecuarias con mayor dinamismo, la cual ha tenido grandes avances en aspectos de nutrición y genética, lo que ha traído como consecuencia, que las aves sean más eficientes en la producción de carne y huevo, aportando proteína de alta calidad a precios muy accesibles para la población (Cabrera, 2009). Las aves son un eficiente convertidor de ingredientes, como son los granos, que los transforman a proteína de alto valor para el hombre (Sánchez, 2006; Cuca *et al.*, 2009).

La alimentación de las aves es a base de granos como fuente de energía, entre los cuales se encuentran el sorgo y el maíz; sin embargo, los costos de estos han aumentado, por lo que se busca utilizar fuentes más concentradas. La búsqueda de alternativas efectivas para tener un nivel elevado de energía en la alimentación animal, llevó al uso de ingredientes como son las grasas y aceites (Valencia *et al.*, 1993; Leeson y Summers, 2005).

En la industria avícola, se utiliza el aceite crudo de soya por su excelente calidad nutritiva, pero el encarecimiento que han tenido los aceites crudos de oleaginosas en años recientes debido a su demanda, nos lleva a la evaluación de alternativas como son los aceites acidulados o “soapstocks” ya que parece una vía factible para suministrar energía a las aves.

CAPÍTULO I

EVALUACIÓN DE DOS ACIDULADOS DE SOYA Y ESTIMACIÓN DE SU ENERGÍA METABOLIZABLE EN POLLAS BOVANS DE 0 A 18 SEMANAS

EVALUACIÓN DE DOS ACIDULADOS DE SOYA Y ESTIMACIÓN DE SU ENERGÍA METABOLIZABLE EN POLLAS BOVANS DE 0 A 18 SEMANAS

**Jennifer Pérez Martínez, MC.
Colegio de Postgraduados, 2011**

RESUMEN

Con el propósito de utilizar ingredientes de buena calidad nutritiva que permitan balancear dietas más económicas, se evaluaron dos aceites acidulados de soya, como fuente de energía; para lo cual se realizaron 2 experimentos, en el primero se determinó la energía metabolizable de aceite crudo de soya (ACS), aceite acidulado de soya T (AAT) y aceite acidulado de soya Y (AAY), en el segundo experimento se utilizaron 280 pollas Bovans White de 1 día de edad, las cuales se distribuyeron en seis tratamientos, con cinco repeticiones, con ocho pollas cada una. El aceite crudo de soya y los aceites acidulados de soya se incluyeron en dos niveles: 2 % y 4 %. Se evaluaron las variables: peso de las pollas (PP), consumo de alimento (CON), conversión alimenticia (CONV). Para la EM no se encontraron diferencias ($p>0.05$) en el ACS, AAT y AAY (8337 Kcal/kg, 8296 Kcal/kg, 8528 Kcal/kg) respectivamente. Para las variables evaluadas PP, CON y CONV no hubo diferencias entre tratamientos ($p>0.05$). Se concluye que el uso de acidulados, como fuente de EM, son una alternativa en la formulación de dietas para pollas, disminuyendo los costos de producción en las etapas de iniciación, crecimiento y desarrollo.

Palabras clave: Aceite crudo de soya, alimento, fuente de energía, Pollas.

EVALUATION OF TWO SOYBEAN SOAPSTOCKS AND ESTIMATION OF THEIR METABOLIZABLE ENERGY IN 0 TO 18-WEEK-OLD BOVANS PULLETS

**Jennifer Pérez Martínez, MC.
Colegio de Postgraduados, 2011**

ABSTRACT

In order to use ingredients of a good nutritious quality that will allow balancing more economic diets, two soapstocks were evaluated as a source of energy. To do this, two experiments were carried out: in the first one, the metabolizable energy (ME) in soybean oil (ACS), soapstock T (AAT), and soapstock Y (AAY) was evaluated; in the second experiment, 280 1-day-old Bovans White pullets were distributed among six treatments, with five repetitions, with eight pullets each one. Soybean oil and soapstocks were included at two levels: 2 % and 4 %. The following variables were evaluated: weight of the chicks (PP), feed intake (CON), and feed conversion (CONV). No differences were found ($p>0.05$) for ME with regard to ACS, AAT, and AAY (8337 Kcal/kg, 8296 Kcal/kg, 8528 Kcal/kg, respectively). There were no differences ($p>0.05$) among treatments with regard to the evaluated variables: PP, CON, and CONV. The conclusion is that the use of soapstocks as a source of ME is a viable alternative in the formulation of diets for pullets, thus reducing production costs in the initiation, growth, and development stages.

Key words: Soybean oil, feed, source of energy, pullets.

INTRODUCCIÓN

La energía es una parte muy importante del costo de la dieta (Francesch, 2001), ya que representa aproximadamente entre el 60 % y 70 % de su costo (Sibbald, 1982; Cuca *et al.*, 2009). En la avicultura conocer el nivel de Energía Metabolizable (EM) es muy importante para una buena producción de las aves, ya que la EM en la dieta influye en el consumo de alimento de las aves (Summers *et al.*, 1963; Harms *et al.*, 2000).

Para tener un nivel alto de energía, se logra adicionando a la dieta ingredientes energéticos como los aceites (Leeson y Summers, 2005). Como fuente energética, los aceites son superiores al resto de las materias primas que se encuentran en el mercado (Dolz, 1996) y son de los ingredientes más costosos, puesto que compiten con la alimentación humana; pero una alternativa para aumentar la concentración de las dietas de las aves pueden ser los aceites acidulados, que son subproductos del proceso de refinación alcalina del aceite vegetal, (Leeson y Summers, 2005) y son ricos en ácidos grasos insaturados (Pardio *et al.*, 2001). Sin embargo su contenido de triglicéridos es menor, por lo que su valor de EM es menor ya que está influenciado, principalmente, por la cantidad de ácidos grasos libres que contienen (Keith *et al.*, 1954).

REVISIÓN DE LITERATURA

Energía

El término “Energía” es una combinación de dos palabras griegas: *en* y *ergon*, que significa en y trabajo respectivamente (Scott *et al.*, 1982).

La energía se mide en términos de calor, que se produce en la oxidación y se expresa como calorías. Una caloría (cal) se define como la cantidad de calor necesaria para incrementar la temperatura de 1 g de agua de 16.5 °C a 17.5 °C. La cal se define con respecto al joule como 1cal= 4.184 joule, la cual resulta tan pequeña, que es de uso más común la kilocaloría (Kcal), que equivale a 1 000 cal, y la megacaloría (Mcal), equivale a 1 000 Kcal o 10⁶ cal (Maynard, 1989; Shimada, 2003).

Para su uso en el campo de la nutrición animal, se utiliza la energía química, la cual se libera cuando los átomos se reordenan en una nueva configuración molecular. Los animales utilizan la *energía química* liberada por ruptura de los enlaces de los productos orgánicos para realizar los “trabajos” celulares (Bauza, 2008).

Energía Bruta

La primera medición de tipo nutricional es la energía bruta (EB), que se define como la cantidad de energía liberada proveniente de la oxidación completa de un ingrediente, la cual equivale al “calor de combustión” (Church *et al.*, 2003). El instrumento utilizado para medir el valor energético de los alimentos (EB) es la bomba calorimétrica adiabática, en la cual hay un incremento de temperatura de una cantidad conocida de agua, dándose la

oxidación completa de una muestra de material. La EB de carbohidratos es de 4.1, proteínas 5.7 y grasas 9.4. (Church *et al.*, 2003).

Energía digestible

La energía digestible aparente (ED) de un alimento, es la energía bruta menos la energía fecal (EF), procedente de una ingestión de dicho alimento (Mc Donald *et al.*, 1995). Las aves excretan las heces y la orina conjuntamente a través de la cloaca, la estimación de la (ED) requiere la medida de la (EF) independientemente de la energía urinaria (EU) (Dolz, 1991).

Energía metabolizable

Se define como la energía ingerida (EI) menos la (EF), (EU) y energía de gases (EG). Los valores así obtenidos explican las pérdidas adicionales que ocurren como resultado de la ingestión y el metabolismo del alimento ingerido (Church *et al.*, 2003).

En la valoración de los alimentos para las aves suele emplearse la energía metabolizable. El valor energético de cada gramo de nitrógeno excretado en forma de urea es de 5.47 Kcal y de 6.66 Kcal si se hace en forma de ácido úrico. Por esta razón cada gramo de nitrógeno urinario excretado por las aves supone 8.09 Kcal (Bondi, 1989).

Energía metabolizable aparente

La EMA, es la diferencia entre la energía digestible verdadera (EDV) y la energía excretada en la orina (EU), la cual incluye la Energía urinaria de origen endógeno (EUE), metabólico (EUM) y alimenticio (EUA) (Cuca *et al.*, 2009).

Energía metabolizable verdadera

Para determinar la EMV es importante la medida de las pérdidas endógenas de energía, ligadas al metabolismo del animal y no a la ingesta de alimento (Francesch, 2001). Entonces la EMV es igual a $EI - EH - EU$; donde la fracción metabólica y endógena de heces (células de la mucosa intestinal, sales biliares y líquidos de la digestión y orina (energía endógena urinaria, metabólica y compuestos nitrogenados) son gastos de mantenimiento que no derivan directamente de la energía ingerida (Figura 1) (Sibbald, 1982; Sibbald, 1989).

Energía neta

Incluye la cantidad de energía destinada tanto al mantenimiento como a la producción, es decir $EN = EM - IC$. La EN puede expresarse también como la EB de los productos sintetizados, más la energía precisa para el mantenimiento (Crampton, 1979).

Energía neta para mantenimiento

Es la fracción de EN total destinada a mantener el equilibrio energético del animal. En esta situación no se produce ganancia o pérdida neta de energía en los tejidos corporales (Crampton, 1979).

Energía neta para producción

Es la fracción de EN precisa (además de la necesaria para el mantenimiento corporal) para el trabajo no voluntario, para la ganancia tisular (crecimiento o producción de grasa) o para la síntesis de feto, leche, huevos, lana, plumas, etc. (Crampton, 1979).

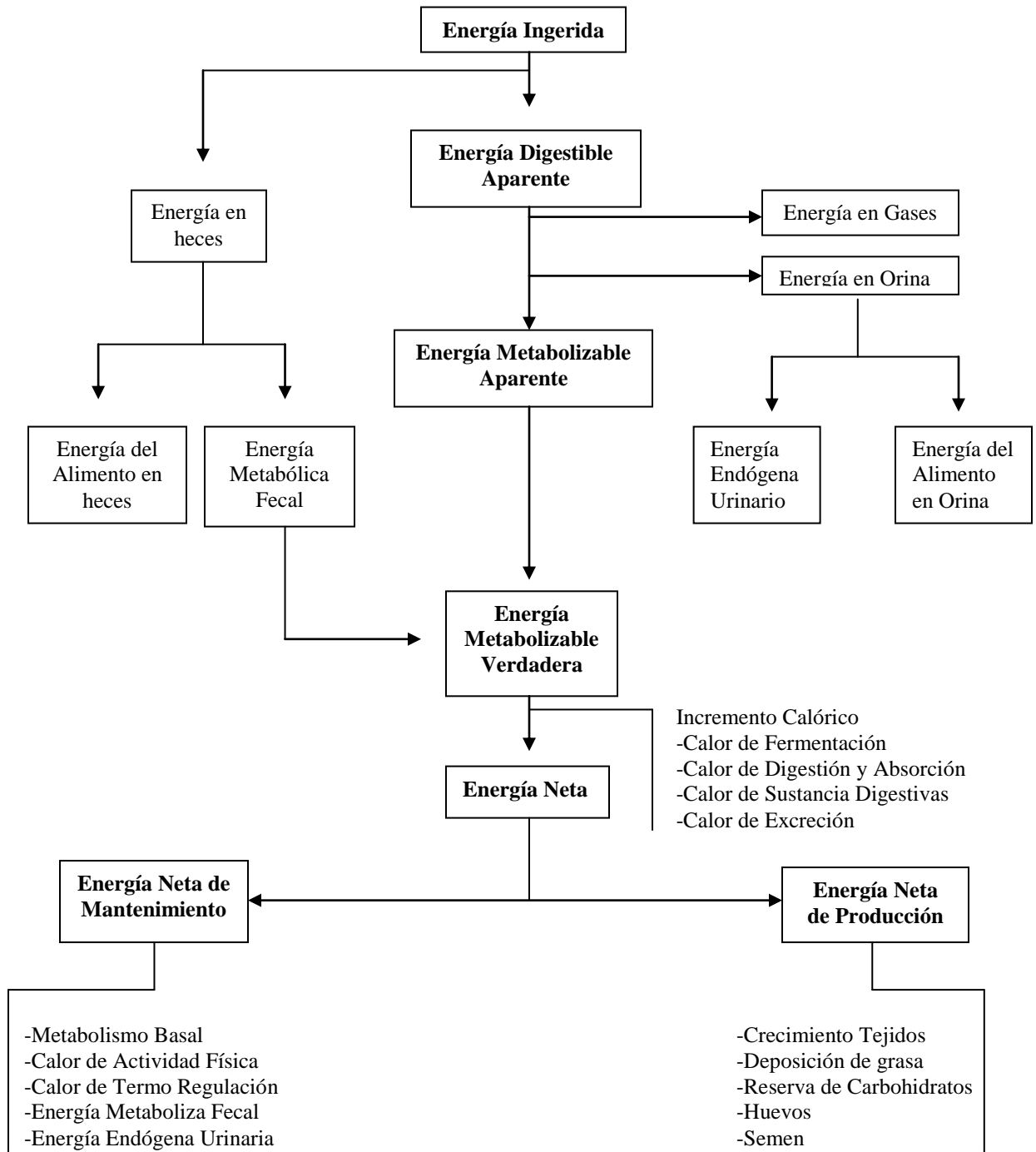


Figura 1. Utilización de la energía ingerida por el ave Sibbald (1982)

Lípidos

Es toda sustancia soluble en éter, cloroformo y demás disolventes de las grasas, que con los hidratos de carbono y las proteínas forman las estructuras celulares. Representan la fuente más importante de energía procedente de los alimentos, comparado con las proteínas o los hidratos de carbono (Fennema, 1993).

Clasificación general

Los lípidos se clasifican en:

Lípidos simples. Son ésteres de ácidos grasos con alcoholes. Las grasas, los aceites y las ceras son lípidos simples. Las grasas y los aceites son ésteres de ácidos grasos con glicerol y las ceras son ésteres de ácidos grasos con alcoholes distintos al glicerol (Church *et al.*, 2003).

Lípidos compuestos. Se trata de ésteres de ácidos grasos que contienen sustancias no lipídicas como fósforo, carbohidratos y proteínas, además de un alcohol y un ácido graso.

Lípidos derivados. Estos incluyen sustancias derivadas por hidrólisis de lípidos simples o compuestos.

Esteroles. Estos compuestos son lípidos con estructuras anulares complejas del tipo de la del fenantreno (Church *et al.*, 2003).

Terpenos. Son compuestos que, por regla general, tienen estructuras del tipo de la del isopreno. Este grupo incluye los carotenoides, xantofilas, tocoferoles y Vitaminas A y K (Ferreira, 1999).

Ácidos grasos

Los ácidos grasos varían en su longitud y en el número de dobles enlaces (nivel de insaturación), donde el primer número representa el número de átomos de carbón en la cadena y el segundo número los dobles enlaces (Canakci y Sanli, 2008). Si los ácidos grasos tienen en su estructura química ligaduras dobles, se consideran insaturados, si es lo contrario, las estructuras sin ligaduras dobles son ácidos grasos saturados. Si existen más de dos ligaduras dobles en la estructura, a los ácidos grasos se les llama poliinsaturados (Itzá *et al.*, 2008) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Nomenclatura de los ácidos grasos más comunes

Abreviatura	Nombre sistemático	Nombre común
Saturados		
4:0	Butanoico	Butírico
6:0	Hexanoico	Caproico
8:0	Octanoico	Caprílico
10:0	Decanoico	Cáprico
12:0	Dodecanoico	Láurico
14:0	Tetradecanoico	Mirístico
16:0	Hexadecanoico	Palmítico
18:0	Octadecanoico	Estearico
20:0	Eicosanoico	Araquídico
Insaturados		
16:1	9-Hexadecanoico	Palmitoleico
18:1	9-Octadecanoico	Oleico
18:2	9,12-Octadecadienoico	Linoleico
18:3	9,12,15-Octadecatrienoico	Linolénico
20:4	5,8,11,14-Eicosatetraenoico	Araquidónico
22:1	1,3-Docosenoico	Erúxico

Fuente: Fennema 1993.

Las aves son capaces de sintetizar ácidos grasos poliinsaturados de las familias n-7 y n-9 pero no de la familia n-6 (linoleico, araquidónico) que se consideran esenciales y por tanto deben proporcionarse en la dieta. Los ácidos grasos de otras familias no son esenciales,

excepto el grupo n-3 (linolénico) que puede tener alguna actividad esencial (Wiseman y Salvador, 1991).

Ventajas de la utilización de aceites

Desde 1950, los aceites son los mayores contribuidores de energía por unidad de peso que cualquier ingrediente que se encuentre en el mercado (Valencia *et al.*, 1993).

La utilización de aceites tiene una serie de ventajas que los hacen importantes para la industria de alimentos como:

- Mejorar la palatabilidad del alimento.
- A determinados niveles mejoran la consistencia física del alimento.
- Su utilización permite disminuir el polvo tanto en el proceso de fabricación como en el producto terminado (Dolz, 1996).
- Lubrican la maquinaria, lo que permite mejorar su rendimiento y su vida útil (Sheehy *et al.*, 1993; Dolz, 1996).

Los aceites se utilizan en la producción de alimentos como fuente de energía (Leeson y Summers, 2005) y de ácidos grasos esenciales; desde el punto de vista nutricional los aceites son importantes puesto que:

- Disminuyen la velocidad de paso por el TGI (tubo gastro intestinal) (Mateos y Sell, 1980).
- Se digieren con menor disipación de calor que los carbohidratos y proteínas (Dolz, 1996).
- Mejoran la absorción de vitaminas y pigmentos (Sibbald y Kramer, 1980).

- Mejoran la conversión alimenticia (Lara *et al.*, 2005).
- Mejoran la ganancia de peso (Valencia *et al.*, 1993).
- Reducen el estrés calórico.
- Disminuyen el incremento de calor, mejoran la eficacia energética neta por Kcal de EM (Grobas *et al.*, 1996; Hrdinka *et al.*, 1996).

Desventajas de la utilización de aceites

Los aceites requieren de instalaciones adecuadas ya que durante el almacenamiento del aceite, el oxígeno podría reaccionar con los dobles enlaces de los ácidos grasos y formar peróxidos y compuestos de oxidación, los cuales pueden causar enranciamiento del aceite (Miles y Butcher, 2005), afectando la calidad final del alimento (Sheehy *et al.*, 1993).

Oxidación de los lípidos

La oxidación de los lípidos en los alimentos se debe a la reacción del oxígeno con los lípidos insaturados por autooxidación.

La autooxidación es una reacción en cadena de radicales libres que incluyen las siguientes etapas:

- a) **Iniciación.** Consiste en la sustracción de un hidrógeno, en presencia de un iniciador, para formar un radical libre centrado en un carbono.
- b) **Propagación.** El radical libre reacciona con el oxígeno para formar un radical peróxilo que a su vez reacciona con un lípido insaturado para formar un hidroperóxido y un nuevo radical libre. Este último puede reaccionar con el oxígeno

para formar un radical peróxilo y así, sucesivamente. Por lo tanto, es un proceso en cadena de radicales libres.

- c) **Terminación.** La reacción en cadena puede terminar por formación de productos que no sean radicales (Wong, 1995).

Los lípidos se pueden oxidar sufriendo un deterioro químico, que ocurre por reacciones autocatalíticas (Frankel, 2005) las cuales producen un alto número de peróxidos y productos de oxidación secundarios (Shenner *et al.*, 1995); oxidación que es producida por el aire, conocido frecuentemente como rancidez.

Calidad de las grasas

La calidad de las grasas depende de dos factores:

- **Composición química.** Está basada en la ausencia de metales pesados, exceso de humedad, impurezas, insaponificables y material no diluible, así como contenido de productos oxidados, polímeros, fosfolípidos, etc.
- **Valor nutricional.** Está relacionado con los ácidos grasos que contienen (ácido linoleico y omega-3, etc) (Wiseman y Salvador, 1991; Mateos *et al.*, 1996, Fernandes *et al.*, 2002), longitud e insaturación de la cadena, tipo y posición de los ácidos grasos en torno a la molécula lipídica, contenido en energía bruta, porcentaje de triglicéridos 90 %-98 % de masa total (Srivastava y Prasad, 2000).

Las aves son sensibles a los aceites de mala calidad ya que pueden causar el deterioro de las vellosidades intestinales y reducen la capacidad de absorción en el TGI (Dibner *et al.*, 1996).

Requerimientos de energía metabolizable para pollas

Las aves en las 3 primeras semanas son sensibles a los aceites, ya que su sistema hepático no está completamente maduro y por lo tanto los niveles de sales biliares son bajos, limitando la digestibilidad de las grasas (Krogdahl, 1985) aumentando gradualmente (Leeson y Summers, 2001).

Las dietas en el periodo de crianza se formulan para contener una cantidad que llene las necesidades de energía. La dieta durante las primeras 5 semanas debe contener alrededor de 2900 Kcal/kg, mientras que la cantidad de energía en la ración de crecimiento debe ser entre 2750 Kcal/kg y 2900 Kcal/kg, reduciéndose de las 14 semanas en adelante el contenido energético a 2750 Kcal/kg (North, 1986).

Digestión y absorción de las grasas

La digestión representa los procesos físicos y químicos que ocurren en el tubo gastrointestinal, donde las moléculas grandes y complejas se transformen en pequeñas moléculas que pueden ser absorbidas y usadas por el animal (Scott *et al.*, 1982). La digestibilidad de los aceites depende de diferentes factores como, la longitud de la cadena y el grado de saturación de los ácidos grasos (Ruth y Hill, 1961).

La digestión y absorción de grasas en el ave ocurre en el intestino delgado principalmente en el duodeno (Sklan, 1980; Scott *et al.*, 1982). Aquí la grasa se emulsiona debido a la acción de las sales biliares liberadas (Krogdahl, 1985); la grasa emulsionada está formada por pequeños agregados esféricos de 200 nm a 5000 nm de diámetro, constituidos por lípidos polares (fosfolípidos, glicolípidos y monoglicéridos) (Crespo, 2000), gracias a la presencia de ácidos grasos, sales biliares y aminoácidos en el duodeno que estimulan la secreción de hormonas intestinales como la colesistoquinina (CCK) que produce la contracción de la vesícula biliar y la secreción de jugos del páncreas (Escribano, 1991; Dolz, 1996; Bajao *et al.*, 2005). Los movimientos del tubo digestivo, junto con el efecto detergente de las sales biliares, rompen los glóbulos de grasa aumentando la superficie de contacto entre la grasa y las lipasas pancreáticas encargadas de su hidrólisis (Escribano, 1991).

La lipasa pancreática hidroliza al triglicérido en la posición 1 y 3. Los productos de la hidrólisis son fundamentalmente los triglicéridos, ácidos grasos libres y monoglicéridos ocupando el ácido graso la posición 2, formando micelas para ser absorbidos en el yeyuno por difusión pasiva en la mucosa intestinal (Scott *et al.*, 1982; Escribano, 1991). Una vez dentro de las células de la mucosa las micelas se esterifican nuevamente y junto con el colesterol libre y esterificado, las lipoproteínas y los fosfolípidos, se agrupan en quilomicrones. En las aves, a diferencia de los mamíferos, las lipoproteínas ricas en triglicéridos resintetizados se absorben directamente al sistema sanguíneo portal hacia el hígado (Bensadoun y Rothfeld, 1972).

También se ha mostrado que la digestibilidad de las grasas, depende de muchos factores, entre los que se incluyen el tipo de grasa, nivel de saturación, edad del ave, nivel de inclusión de grasa en la dieta así como la presencia de otros componentes de la dieta (Wiseman, 1984).

Aceite crudo de soya

La industria avícola demanda productos con alto contenido de energía que permitan elevar el nivel energético de las dietas.

El aceite crudo de soya procede del frijol soya, el cual se extrae con técnicas modernas de procesamiento y de control de calidad, con excelentes características nutricionales conteniendo un nivel elevado de energía (Figura 2).

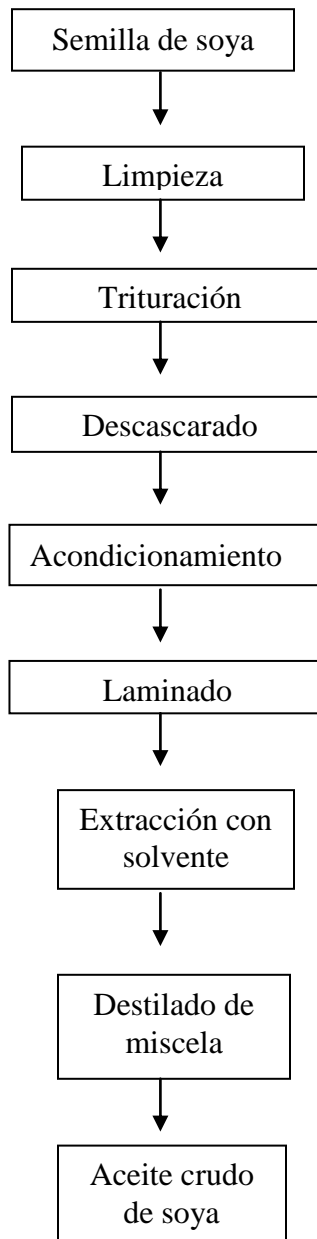


Figura 2. Extracción del aceite crudo de soya

El aceite crudo de soya, es la grasa de origen vegetal de mayor disponibilidad en el mercado siendo en general el que presenta mayor calidad, con un alto contenido de triglicéridos y de ácidos grasos insaturados (Cuadro 2) (Fernandes *et al.*, 2002) así como ácidos grasos libres (AGL), mono-, di-, y triacilglicéridos, fosfolípidos, pigmentos,

esteroles, tocoferoles, glicerol, hidrocarburos, vitaminas, fragmentos de proteínas, glicolípidos, pesticidas, mucilagos entre otros (Dumont y Narine, 2007). Ya que el aceite se utiliza crudo, lleva incorporado las gomas (colina, fosfolípidos, antioxidantes y vitamina A, E) lo que ayuda a la conservación durante el almacenaje y mejora la digestibilidad (Wiseman, 1994).

El aceite crudo contienen niveles altos de ácidos grasos insaturados (AGI) los cuales son más digeridos por el ave ya que los AGI aumentan la formación de micelas (Freeman *et al.*, 1968) en relación a las grasas de origen animal, como la manteca de cerdo y el sebo que contienen más ácidos grasos saturados (Sklan, 1979).

Cuadro 2. Composición de ácidos grasos de aceite crudo de soya (%) dada por diferentes autores

Ácidos grasos	1	2	3	4	5
Palmitoleico	0.1	0.2	ND	-	0.11
Estearico	3.2	3.6	4.75	4.76	6.00
Oleico	26.0	24.6	21.76	22.52	24.85
Linoleico	51.6	52.7	54.37	52.34	12.16
Linolénico	6.3	6.6	7.45	9.19	2.99
Palmítico	12.2	11.8	11.67	10.58	13.81

1. Sibbald y Kramer (1977). 2. Waliszewski (1986). 3. Blanch *et al* (1996). 4. Canakci y Gerpen (2001). 5. Narciso (2002)

Aceites Acidificados o acidulados “soapstocks”

Los aceites acidulados, son un subproducto del proceso de refinación del aceite vegetal (Wong, 1983; Leeson y Summers, 2005), la cantidad y composición de estos aceites depende del tipo y de la calidad del aceite crudo así como de las condiciones del proceso de refinación (Woerfel, 1983), los procesos convencionales para su obtención están basados en procesos físicos y químicos.

A lo largo de los años se han descrito diferentes técnicas para la obtención de los aceites acidulados por ejemplo la de Waliszewski (1987); Dowd (1996, 1998); Dumont y Narine (2007).

El primer paso para su obtención es quitar los fosfolípidos (90 % aproximadamente) del aceite crudo original (Waliszewski, 1986) utilizando el proceso de desgomado. Las moléculas se encuentran presentes en forma no-hidratada, que ocurre cuando el fosfolípido se combina con el calcio, el magnesio o cationes de hierro. Estas moléculas son tratadas con ácido para convertirlas a gomas hidratadas y posteriormente eliminarlas por centrifugación (Dumont y Narine, 2007). Posteriormente se trata el aceite con una solución alcalina para que los ácidos grasos libres formen jabón de sodio, aceite neutro, agua, esteroides, fosfatos orgánicos, tocoferoles, polialcoholes, pigmentos, carbohidratos y material proteico (Dowd, 1998; Baiao *et al.*, 2005), formándose pastas sódicas que se tratan con una solución ácida para separar los ácidos grasos libres, responsables de la acidez de los triglicéridos mediante la adición de hidróxido de sodio (NaOH) por centrifugación, donde las pastas sódicas resultantes se neutralizan con ácido sulfúrico (H₂SO₄). Posteriormente se lavan con mucha agua a fin de arrastrar el exceso de sulfúrico, se secan y limpian por decantación y se obtienen los acidulados (Figura 3) (Woerfel, 1983; Dolz, 1996; Mateos *et al.*, 1996). Estos son productos que mantienen gran parte de las ventajas nutricionales de los aceites de los cuales proceden, con altos niveles de ácidos grasos libres (58.6 %), por lo que es necesario adicionar un antioxidante (Leeson y Summers, 2005), también contienen fosfolípidos (12.6 %) (Waliszewski, 1987), material no saponificable (Bornstein y Lipstein, 1963), compuestos de oxidación, altas cantidades de pigmentos amarillos (Blanch *et al.*, 1996) carotenoides y xantofilas (910 ± 106 mg/kg) según (Pardio

et al., 2001), contienen menos triglicéridos, por lo tanto su valor de energético es menor (Mateos *et al.*, 1996) ya que está influenciado, principalmente, por la cantidad de ácidos grasos libres (Keith *et al.*, 1954).

La consistencia de los aceites acidulados a temperatura ambiente varía de líquido a espeso (Down, 1996), y su color es mucho más oscuro, que el del aceite del cual procede, ya que durante el proceso de refinado, los acidulados concentran los pigmentos de los aceites de los cuales proceden.

Durante el proceso de refinación se presentan impurezas en los acidulados, por lo tanto, el control de calidad tiene que ser más riguroso (Leeson y Summers, 2005) midiéndose exceso de humedad, impurezas, sulfato sódico, insaponificables y si son expuestos al aire puede perder humedad y el solvente residual, pudiendo ser inestables a temperaturas elevadas debido a la presencia de el álcali residual (Dowd, 1998).

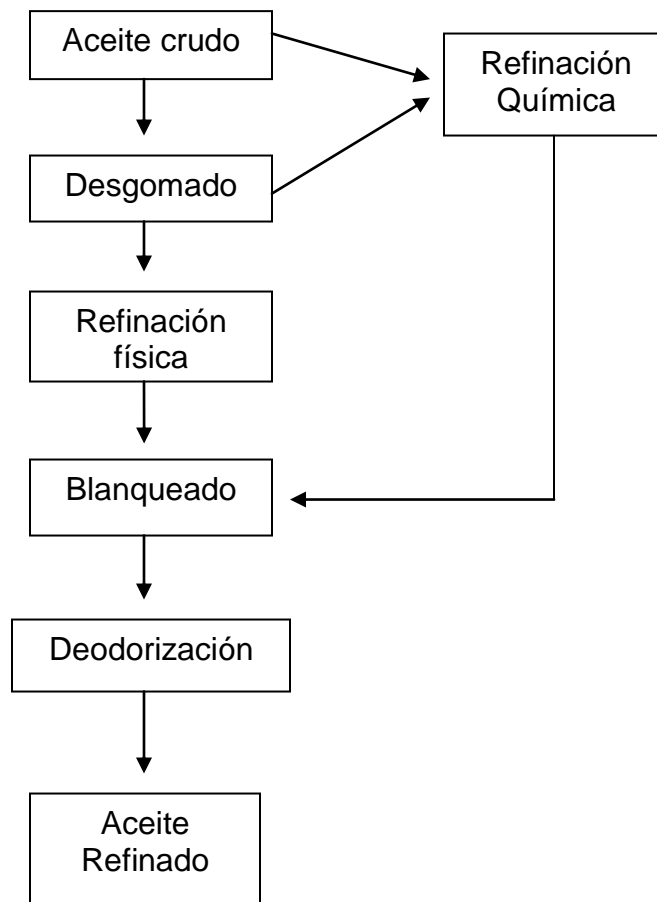


Figura 3. Extracción del aceite acidulado (Dumont y Narine, 2007b)

Cuadro 3. Composición de ácidos grasos de aceite acidulado de soya (%) dada por diferentes autores

	1	2	3	4	5
Palmitoleico	0.1	0.1	ND	0.85	ND
Esteárico	8.5	6.3	3.9	5.83	4.4
Oleico	37.2	23.3	27.27	18.47	15.7
Linoleico	17.3	37.8	42.92	18.29	55.6
Linolénico	2.0	3.8	4.77	1.51	7.1
Palmítico	29.5	28.2	20.76	10.06	17.2

1. Sibbald y Kramer (1977). 2. Waliszewski (1986). 3. Blanch *et al* (1995). 4. Narciso (2002). 5. Haas (2005)

JUSTIFICACIÓN

Actualmente se utiliza el aceite crudo de soya como fuente de energía en la alimentación de las aves, sin embargo, el costo de éste en los últimos años se ha elevado considerablemente. La evaluación de aceites acidulados de bajo costo y de aceptable calidad nutritiva, pueden ser alternativas factibles y económicamente rentables, si se usa en las dietas subproductos de refinación como los acidificados de soya.

Por tal motivo el objetivo general de este estudio fue evaluar dos aceites acidulados de soya para determinar su variación en la composición de ácidos grasos y si su uso como fuente de energía reduce los costos de las dietas y por consiguiente los costos de producción en las etapas de iniciación, crecimiento y desarrollo de las pollas; así, como conocer si su empleo causa daño a las pollas, si su inclusión en la dieta es elevado.

HIPÓTESIS

- La composición de ácidos grasos de los aceites acidulados de soya va ha estar dada por el lugar de procedencia, ya que el proceso para su elaboración puede ser diferente.
- La composición de ácidos grasos de los aceites acidulados de soya influye en la cantidad de EM de los aceites acidulados de soya.
- El aceite acidulado de soya cubre los requerimientos de energía en las pollas en la etapa de iniciación, crecimiento y desarrollo.
- El aceite acidulado de soya reduce los costos de alimentación en comparación con el aceite crudo de soya y no produce efectos tóxicos en las aves.

OBJETIVOS

- Estimar la energía metabolizable verdadera de dos aceites acidulados de soya y del aceite crudo de soya así como la composición de ácidos grasos.
- Evaluar los efectos de dos aceites acidulados de soya durante las etapas de iniciación, crecimiento y desarrollo en pollas Bovans White.
- Evaluar el efecto de la incorporación del aceite crudo de soya acidulado en la salud de las aves y reducir los costos de alimentación utilizando como sustituto del aceite crudo de soya los aceites acidulados de soya en dietas para pollas de la línea Bovans, en las tres primeras etapas.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar las variables productivas: consumo de alimento, peso de las pollas, conversión alimenticia, para evaluar los costos por estos conceptos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos, en las instalaciones avícolas del Colegio de Posgraduados, ubicadas en Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Experimento 1

Determinación de la energía metabolizable verdadera

En el primer experimento se determinó la Energía Metabolizable Verdadera (EMV) de dos aceites acidulados y un aceite crudo de soya siguiendo la metodología descrita por Sibbald (1986). Los tratamientos fueron: T1: aceite crudo de soya (ACS), T2: aceite acidulado de soya T (AAT) y T3: aceite acidulado de soya Y (AAY).

Se utilizaron 30 gallos de la línea Bovans White de 33 semanas de edad con un peso promedio por ave de 2.01 ± 0.06 kg, los cuales se distribuyeron al azar en tres tratamientos, con ocho gallos por tratamiento donde cada gallo fue una repetición.

Debido a las características físicas de los aceites utilizados, se tuvieron que mezclar con sorgo en una proporción 90:10 (Narciso, 2002), ya que el suministro del aceite puro produce regurgitación al ave (Sibbald, 1976), además su naturaleza líquida no permite la determinación de la EM (Wiseman, 1984), por tanto simultáneamente se determinó la EM del sorgo con 6 gallos.

Fase de experimentación

Los ingredientes se prepararon de la siguiente manera:

Se pesaron 900 g de sorgo y 100 g de cada uno de los tres aceites, posteriormente se mezclaron con una mezcladora para cocina convencional.

Los gallos se colocaron de forma aleatoria en jaulas individuales de alambre, provistas de charolas de plástico para la recolección de las heces. Cada gallo se ayunó 24 h para eliminar residuos de alimento del tubo digestivo, proporcionándoles agua *ad libitum*; cada gallo recibió 30 g de una de las 3 mezclas por evaluar (Sibbald, 1976), mediante alimentación precisa, usando un embudo de aluminio de 40 cm de largo y 1.5 cm de diámetro y una varilla de vidrio (Figura 4).

Las excretas de los gallos se recolectaron después de 48 h, se pesaron y se acidificaron con ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 2 %, se secaron a 60 °C por 24 h para determinar el contenido de materia seca. Posteriormente en el laboratorio de la Universidad Autónoma Chapingo a los ingredientes y las excretas obtenidas, se les determinó por duplicado en una bomba Calorimétrica Isoperibólica Parr 1266 la EB o calor de combustión.

Para determinar la energía de origen metabólico y endógeno, los gallos se alimentaron durante 5 d y se ayunaron nuevamente por 24 h, para recolectar las excretas totales de material endógeno y metabólico de cada gallo. Para estimar este material se empleó el mismo gallo, con el que se estimó la EM del ingrediente, de tal manera que la porción endógena que se empleó para los cálculos fue del mismo gallo (Bustillo *et al.*, 1991).

Las ecuaciones para calcular EB y EMV se presentan a continuación: (Sibbald, 1984).

$$1EB = \frac{tW - e1 - e2 - e3}{m}$$

$$2EMV = \frac{[EC - (EH + EO)_{\pm} + (EH + EO)_0]}{AC}$$

1. EB= energía bruta

T= incremento neto de temperatura corregida

W= energía equivalente del calorímetro cal/°C

e₁= calorías por formación de ácido nítrico (NHO₃), (Kcal)

e₂= calorías por formación de ácido sulfúrico (H₂SO₄), (Kcal)

e₃= calorías por combustión del alambre fusible 2.3 cal/cm de alambre quemado

m= peso de muestra (g)

2. EMV= energía metabolizable verdadera

EC= energía consumida (Kcal/g)

EH= energía en heces (Kcal/g)

EO= energía en orina (Kcal/g)

+ = energía excretada en gallos alimentados (Kcal/g)

0 = energía excretada en gallos ayunados (Kcal/g)

AC= alimento consumido (g)



Figura 4. Alimentación precisa

Experimento 2

Manejo de las aves

Se utilizaron 300 pollas Bovans White, de 1 d de edad, las cuales fueron pesadas a su llegada; posteriormente se distribuyeron completamente al azar, en grupos homogéneos, en seis tratamientos, con cinco repeticiones, con diez pollas cada una. Las aves se alojaron en criadoras eléctricas de batería, hasta la semana 6 de edad, para posteriormente ser colocadas en jaulas de desarrollo.

El experimento se dividió en tres etapas de 0 a 6 semanas de edad para la etapa de iniciación, de 7 a 12 semanas para la etapa de crecimiento y de 13 a 18 semanas para la etapa de desarrollo. A la pollas se les asignó uno de los tres aceites (ACS, AAT y AAY), a concentraciones de 2 % y 4 % (Cuadro 4).

Cuadro 4. Niveles de aceite (%) durante las etapas de iniciación, crecimiento y desarrollo

Tratamiento	Iniciación (1-6 semanas)	Crecimiento (7-12 semanas)	Desarrollo (13-18 semanas)
T1	2	2	2
T2	4	4	4
T3	2	2	2
T4	4	4	4
T5	2	2	2
T6	4	4	4

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

La temperatura en la criadora fue de 35 °C, disminuyendo 2 °C por semana hasta la semana 4 de edad. Se realizó el corte de pico a los 10 d de edad. Se aplicaron las vacunas el día correspondiente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Calendario de vacunación

Vacuna	Vacuna	Día	Semana	Vía de administración
Gumboro	IBF Luker	4	1	Oral
Newcastle + IA	ENC + IA	14	2	Subcutánea
Bronquitis	BI	18	3	Ocular
Gumboro	IBF D78	25	4	Oral
Newcastle + Viruela	ENC + VA	32	5	Subcutánea
Bronquitis	BI mass	39	6	Oral
Newcastle	ENC	46	7	Oral
Encefalomiелitis	Encefalo	53	8	Subcutánea
Coriza Infecciosa	Coriza	60	9	Subcutánea
Bronquitis	BI mass	67	10	Ocular
Newcastle + IA	ENC + IA	74	11	Subcutánea
Bronquitis	BI mass	84	12	Subcutánea

IA, Influenza Aviar.

Características estudiadas

Durante las tres etapas, iniciación, crecimiento y desarrollo se estudiaron las siguientes variables:

Peso vivo (PV): Se pesaron cada 2 semanas con la finalidad de disminuir el estrés ocasionando por el manejo, durante todo el experimento.

Consumo de alimento (CDA): Se estimó semanalmente, pesando el alimento ofrecido y alimento rechazado.

Conversión alimenticia (CA): se determinó con el consumo de alimento y ganancia de peso vivo.

Dietas experimentales

Las dietas se formularon a base sorgo – pasta de soya cubriendo los requerimientos de aminoácidos, energía, vitaminas y minerales para pollas señaladas por el National Research Council (NRC) (1994) modificadas por Cuca *et al* (2009), durante todas las etapas. El agua y alimento se ofrecieron *ad libitum*.

Para fijar las cantidades de aceite requeridas en las dietas de cada etapa, se utilizó arena esterilizada en autoclave, para formular los niveles de energía (Cuadro 6, 7, 8).

Cuadro 6. Composición de las dietas experimentales durante la etapa de 1 a 6 semanas (%)

Ingrediente (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Sorgo (8.3 PC)	60.55	54.52	61.15	55.70	61.15	55.70
Pasta soya (45.8 PC)	31.46	32.10	31.39	31.98	31.39	31.98
Arena	2.39	5.75	1.86	4.70	1.86	4.70
Aceite acidulado T	0.00	0.00	2.00	4.00	0.00	0.00
Aceite acidulado Y	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	4.00
Aceite crudo de soya	2.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DL-Metionina	0.23	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23
CaCO ₃ (38)	1.74	1.72	1.74	1.73	1.74	1.73
Fosfato dicálcico (18/21)*	1.17	1.21	1.17	1.20	1.17	1.20
Premezcla vitamínica**	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Premezcla mineral***	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
\$ kg ⁻¹ de alimento	4.67	4.79	4.65	4.73	4.61	4.65
Análisis calculado						
EM (Kcal/kg)	2950	2950	2950	2950	2950	2950
Proteína cruda (%)	19.60	19.40	19.62	19.44	19.62	19.44
Calcio (%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fósforo disponible (%)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Lisina (%)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Metionina+Cistina (%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Triptófano (%)	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
Treonina (%)	0.73	0.72	0.73	0.72	0.73	0.72

*18%= fósforo y 21%= calcio

**Aporta por kilogramo de alimento: vitamina A, 9000 UI; vitamina D₃, 2500 UI; vitamina E, 20 UI; vitamina K, 3.0 mg; vitamina B₂, 8.0 mg; vitamina B₁₂, 0.015 mg; ácido pantoténico, 10 mg; niacina, 40 mg; ácido fólico, 0.5 mg; colina, 300 mg; biotina, 0.055 mg; tiamina, 2.0 mg.

***Aporta por kilogramo de alimento: hierro, 65.0 mg; zinc, 100 mg; manganeso, 100 mg; cobre, 9.0 mg; selenio, 0.3 mg; yodo, 0.9 mg.

EM= energía metabolizable.

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

Cuadro 7. Composición de las dietas experimentales durante la etapa de 7 a 12 semanas (%)

Ingrediente (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Sorgo (8.3PC)	66.46	60.42	67.05	61.60	67.05	61.60
Pasta soya (45.8PC)	23.93	24.58	23.87	24.45	23.87	24.45
Arena	4.43	7.79	3.90	6.74	3.90	6.74
Aceite acidulado T	0.00	0.00	2.00	4.00	0.00	0.00
Aceite acidulado Y	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	4.00
Aceite crudo de soya	2	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DL-Metionina	0.12	0.13	0.12	0.13	0.12	0.13
CaCO ₃ (38)	1.61	1.59	1.61	1.60	1.61	1.60
Fosfato dicálcico (18/21) *	0.99	1.02	0.99	1.02	0.99	1.02
Premezcla vitamínica**	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Premezcla mineral***	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
\$ kg ⁻¹ de alimento	4.33	4.45	4.31	4.40	4.27	4.32
Análisis calculado						
EM (Kcal/kg)	2950	2950	2950	2950	2950	2950
Proteína cruda (%)	16.32	16.14	16.33	16.17	16.33	16.17
Calcio (%)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Fósforo disponible (%)	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Lisina (%)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Metionina+Cistina (%)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
Triptófano (%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Treonina (%)	0.62	0.61	0.62	0.61	0.62	0.61

*18%= fósforo y 21%= calcio

**Aporta por kilogramo de alimento: vitamina A, 9000 UI; vitamina D₃, 2500 UI; vitamina E, 20 UI; vitamina K, 3.0 mg; vitamina B₂, 8.0 mg; vitamina B₁₂, 0.015 mg; ácido pantoténico, 10 mg; niacina, 40 mg; ácido fólico, 0.5 mg; colina, 300 mg; biótina, 0.055 mg; tiamina, 2.0 mg.

***Aporta por kilogramo de alimento: hierro, 65.0 mg; zinc, 100 mg; manganeso, 100 mg; cobre, 9.0 mg; selenio, 0.3 mg; yodo, 0.9 mg.

EM= energía metabolizable.

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

Cuadro 8. Composición de las dietas experimentales durante la etapa de 13 a 18 semanas (%)

Ingrediente (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Sorgo (8.3PC)	62.13	58.75	62.49	59.87	62.49	59.87
Pasta soya (45.8PC)	19.91	20.27	19.87	20.15	19.87	20.15
Arena	13.00	14.00	12.67	13.00	12.67	13.00
Aceite acidulado T	0.00	0.00	2.00	4.00	0.00	0.00
Aceite acidulado Y	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	4.00
Aceite crudo de soya	2.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DL-Metionina	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
CaCO ₃ (38)	1.47	1.46	1.47	1.46	1.47	1.46
Fosfato dicálcico (18/21)*	0.82	0.84	0.82	0.83	0.82	0.83
Premezcla vitamínica**	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Premezcla mineral***	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
\$ kg ⁻¹ de alimento	3.99	4.17	3.96	4.12	3.92	4.04
Análisis calculado						
EM (Kcal/kg)	2706	2785	2700	2784	2700	2784
Proteína cruda (%)	14.18	14.09	14.20	14.12	14.20	14.12
Calcio (%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Fósforo disponible (%)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Lisina (%)	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Metionina+Cistina (%)	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Triptófano (%)	0.18	0.17	0.18	0.17	0.18	0.17
Treonina (%)	0.54	0.53	0.54	0.53	0.54	0.53

*18%= fósforo y 21%= calcio

**Aporta por kilogramo de alimento: vitamina A, 9000 UI; vitamina D₃, 2500 UI; vitamina E, 20 UI; vitamina K, 3.0 mg; vitamina B₂, 8.0 mg; vitamina B₁₂, 0.015 mg; ácido pantoténico, 10 mg; niacina, 40 mg; ácido fólico, 0.5 mg; colina, 300 mg; biotina, 0.055 mg; tiamina, 2.0 mg.

***Aporta por kilogramo de alimento: hierro, 65.0 mg; zinc, 100 mg; manganeso, 100 mg; cobre, 9.0 mg; selenio, 0.3 mg; yodo, 0.9 mg.

EM= energía metabolizable.

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

Análisis estadístico

Experimento 1

En el experimento 1 para evaluar las variables estudiadas se estableció un diseño completamente al azar. Para cada variable se hizo un análisis de varianza con el procedimiento GLM mediante el programa estadístico SAS (1999).

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} ; \text{ donde:}$$

Y_{ij} = Valor de la variable respuesta correspondiente al i-ésimo tratamiento, en la j-ésima repetición.

μ = Media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento donde $i = 1, 2, 3$.

E_{ij} = Error experimental del i-ésimo tratamiento y la j-ésimo repetición.

Experimento 2

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Para cada variable se hizo un análisis de varianza con el procedimiento MIXED mediante el programa estadístico SAS (1999).

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + (JT)_{ij} + E_{ijk} ; \text{ donde:}$$

Y_{ijk} = Valor de la variable respuesta correspondiente al i-ésimo tratamiento, en la j-ésima época, de la k-ésima repetición.

μ = Media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento donde $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$.

S_j = Efecto del j-ésima época.

$(JT)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo tratamiento, en la j-ésima época.

E_{ijk} = Error experimental del i-ésimo tratamiento, en la j-ésima época, de la k-ésima repetición.

Perfil de ácidos grasos de los aceites

Para conocer la composición química de los aceites en estudio, se realizó el perfil de ácidos grasos en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán; mediante la técnica lípidos totales AOAC (2000) Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. (Arlington, W.W.,Ed),Virginia, USA. Método 923.07 y Método 969.33 Fatty acids in oils and fats.

Costos de producción

Con el precio de cada uno de los ingredientes se obtuvo el de las dietas, según el tratamiento y la etapa en la que se encontraran las pollas (Anexo A).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1

En el Cuadro 9 se muestra el perfil de ácidos grasos del aceite crudo y los aceites acidulados donde se observa que su contenido de ácidos grasos fue variable, lo cual se puede atribuir a diversos factores como calidad del aceite del que procedan o del proceso de refinación donde se obtienen los aceites acidulados (Woerfel, 1983) (Figuras 5, 6 y 7).

Cuadro 9. Perfil de Ácidos grasos en aceites

Ácidos grasos (%)	ACS	AAT	AA Y
Mirístico (C14:0)	0.11±0.01	0.47±0.03	2.78±0.15
Palmítico(C16:0)	11.74±0.14	11.62±0.17	18.22±0.15
Palmiteláidico (C16:1t)	ND	0.29±0.09	0.19±0.01
Palmitoleico (C16:1)	0.18±0.10	0.33±0.03	1.53±0.02
Hepta decanoico (C17:0)	0.11±0.01	0.14±0.01	1.10±0.03
Cis 10- hepta decanoico (C17:1)	ND	ND	0.54±0.01
Esteárico (C18:0)	4.17±0.24	3.34±0.18	19.88±0.31
Eláidico (C18:1 trans)	ND	1.13±0.01	7.04±0.13
Oleico (C18:1)	22.3±2.22	43.67±0.49	38.88±0.28
Cis-Vaccénico (C18:1)	0.87±0.20	1.42±0.30	0.59±0.01
Linoleico (LA) (C18:2)	51.09±0.42	28.01±0.30	3.95±0.15
Alfa-linolénico (ALA) (C18:ω3)	7.52±0.10	6.59±0.11	0.23±0.01
Araquídico (C20:0)	0.32±0.02	ND	0.51±0.06
Eicosenoico (C20:1)	0.23±0.03	0.82±0.12	0.56±0.06
Eicosapentaenoico (EPA) (C20:5 ω 3)	.36±0.01	ND	ND
Otros ácidos grasos	0.86	0.94	3.09
Total Saturados (%)	16.50	16.97	42.49
Total Monoinsaturados(%)	23.67	47.17	49.54
Total Poliinsaturados (%)	58.97	34.92	4.88

ND: No encontrados.

ACS, aceite crudo de soya; AAT, aceite acidulado de soya T; AAY, aceite acidulado de soya Y.

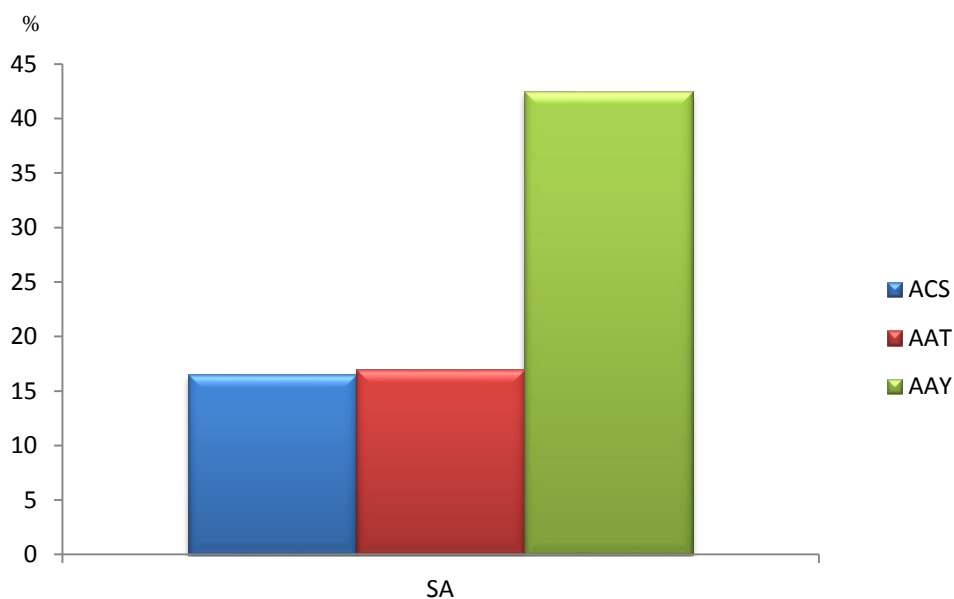


Figura 5. Composición total de ácidos grasos saturados de los aceites

SA, saturados.

ACS, aceite crudo de soya; AAT, aceite acidulado de soya T; AAY, aceite acidulado de soya Y.

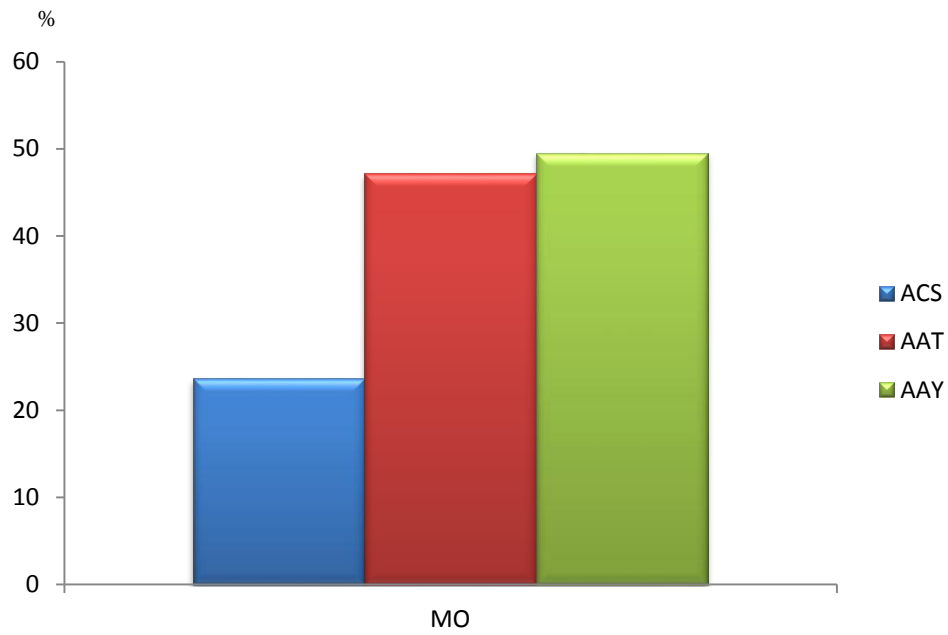


Figura 6. Composición total de ácidos grasos monoinsaturados de los aceites
 MO, monoinsaturados.
 ACS, aceite crudo de soya; AAT, aceite acidulado de soya T; AAY, aceite acidulado de soya Y.

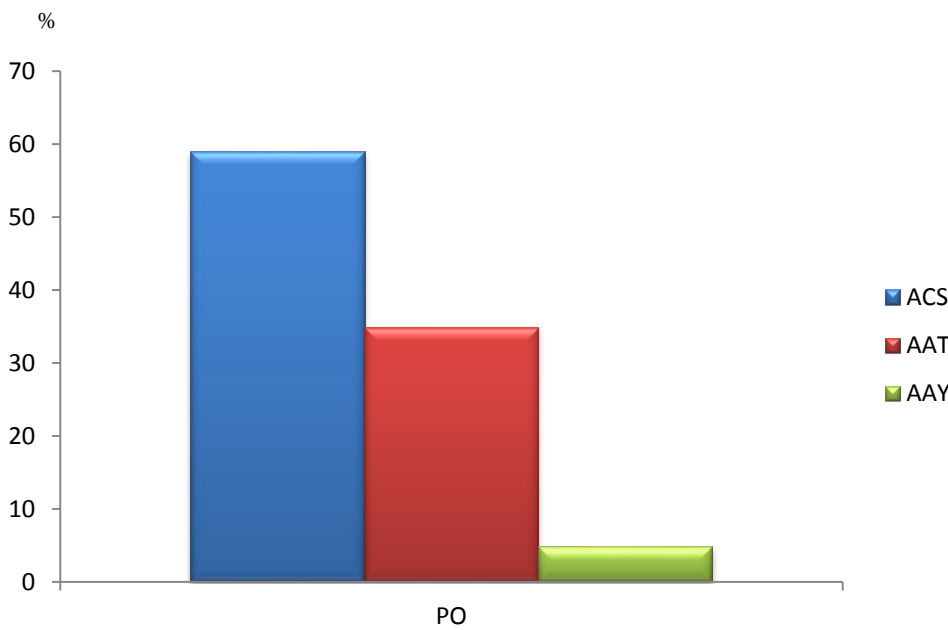


Figura 7. Composición total de ácidos grasos poliinsaturados de los aceites
 PO, poliinsaturados.
 ACS, aceite crudo de soya; AAT, aceite acidulado de soya T; AAY, aceite acidulado de soya Y.

Los resultados de EMV se muestran en el Cuadro 10 donde se observa que no hubo diferencia ($p>0.05$) entre el aceite crudo de soya y los aceites acidulados. Lo que indica que independientemente del nivel de ácidos grasos que contengan los aceites el valor de EM no es significativo. Blanch *et al.*, (1996) evaluó que la EM de los aceites está relacionada con el contenido de los ácidos grasos que contengan los aceites y que a mayor contenido de AGS menor es el contenido de EM; sin embargo, Scott *et al.*, (1982) mencionan que los ácidos grasos insaturados forman micelas y estas mejoran la absorción de los ácidos grasos saturados, en esta investigación el contenido de AGI para el ACS fue de 82.64 %, AAT 82.09 % y AAY 54.42 %, y de AGS es de 16.50 %, 16.97 % y 42.49 % respectivamente lo que al combinarse, tal vez repercutió en el contenido de EMV de los aceites.

Cuadro 10. Energía Metabolizable Verdadera de los aceites

*Aceites	Kcal/kg	EE
Aceites crudo de soya (CY)	8337	101.55
Aceite acidulado de soya T (AAT)	8296	175.38
Aceite acidulado de soya Y(AAY)	8528	186.92

*No hubo diferencia significativa ($p>0.05$); EE: error estándar .

La EM de los aceites acidulados es variable, Sibbald y Kramer en 1977 reportan 9.51 Mcal/g y 9.05 Mcal/g para el aceite crudo de soya y el aceite acidulado de soya respectivamente, superior a los reportados en esta investigación. Mientras que Brake *et al.*, en 2002 indican un valor de 8.80 Mcal/g para el aceite crudo de soya y 8.61 Mcal/g para el aceite acidulado, lo que confirma la variación de la EM.

Experimento 2

Los resultados obtenidos de los tratamientos en las pollas para PV se muestran en el Cuadro 11 donde se observa que no hubo interacción etapa por tratamientos ($p= 0.115$), ni diferencia entre tratamientos ($p= 0.2186$) durante las etapas de iniciación, crecimiento y desarrollo al incluir los aceites acidulados de soya por el aceite crudo de soya a niveles de 2 % y 4 %, lo cual podría estar relacionado con el contenido de energía que contenían todas las dietas, ya que eran isocalóricas según la etapa en la que se encontraran las pollas. No se encontró literatura en la que se compare el valor nutritivo de los aceites acidulados de soya para las pollas en las tres etapas, sin embargo, sí hay informes en los que se menciona cuál es el valor de energía requerido para las pollas en cada una de sus etapas (NRC, 1994). Leeson (1996) menciona que pollas alimentadas con 2750 Kcal/kg de EM tienen menos peso a las 20 semanas de edad, que aves que su dieta contenía 2950 Kcal/kg, ya que el crecimiento de la polla está influenciado por la energía contenida en la dieta y que a mayor consumo energético, se obtienen pollas más pesadas. Para 2005 Leeson y Summers recomiendan para pollas Leghorn 2900 Kcal/kg de 0 a 10 semanas y de 10 a 18 semanas 2850 Kcal/kg. Es importante que durante el período cría de las pollas alcancen un peso adecuado para obtener un rendimiento óptimo de las ponedoras.

Cuadro 11. Peso corporal de las pollas (g) de 1 a 18 semanas de edad

	Semana*	T1	T2	T3	T4	T5	T6	EE
Iniciación	1 día	40	40	40	40	40	40	
	2	115	118	114	114	112	114	0.81
	4	250	258	245	253	239	253	2.76
Crecimiento	6	410	430	408	418	409	417	3.42
	8	640	654	624	650	628	636	4.85
	10	869	885	856	892	878	867	5.37
Desarrollo	12	1041	1042	1049	1051	1038	1035	2.55
	14	1175	1187	1165	1184	1144	1170	6.37
	16	1370	1378	1357	1367	1326	1343	7.92
	18	1503	1552	1500	1569	1494	1516	12.66
EE		167.17	169.61	166.61	170.82	164.64	166.27	

*No hubo diferencia significativa ($p>0.05$). EE, error estándar.

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

Para la variable CDA no se encontró interacción tratamientos etapa, ni diferencia entre tratamientos ($p= 0.922$) (Cuadro 12) en las diferentes etapas, ya que las dietas contenían 2950 Kcal/kg de EM en las dos primeras etapas y para la etapa de desarrollo las dietas contenían entre 2700 Kcal/kg y 2785 Kcal/kg, lo cual indica que 85 Kcal de diferencia no influye en el CDA, ya que cuando la concentración de energía en las dietas aumenta, las aves consumen menos alimento (Leeson y Summers, 2005).

Cuadro 12. Consumo de alimento ave/día (g) de 1 a 18 semanas

	Semana*	T1	T2	T3	T4	T5	T6	EE
Iniciación	1	11	11	11	12	15	14	0.71
	2	17	17	16	19	18	20	0.60
	4	22	24	22	22	22	23	0.34
Crecimiento	6	34	38	35	36	36	36	0.54
	8	53	57	53	55	53	54	0.65
	10	64	65	64	69	69	66	0.94
Desarrollo	12	71	70	70	72	73	73	0.56
	14	79	82	78	79	79	81	0.61
	16	88	92	88	89	91	92	0.77
	18	79	86	79	85	86	86	1.43
Consumo total		518	542	516	538	542	545	5.32
EE		9.07	9.44	9.03	9.25	9.30	9.28	

*No hubo diferencia significativa ($p>0.05$). EE, error estándar.

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

Respecto a la variable CA tampoco mostró interacción tratamiento por etapa ($p= 0.4611$) ni efecto de tratamientos ($p= 0.227$), como se observa en el Cuadro 13.

Por otra parte aparentemente el haber adicionado hasta un 4 % de acidulado de soya no causó daño a las pollas.

Cuadro 13. Conversión alimenticia de 1 a 18 semanas de edad

	Semana*	T1	T2	T3	T4	T5	T6	X
Iniciación	2	0.97	0.99	1.03	0.90	0.96	0.83	0.94
	4	1.59	1.56	1.59	1.61	1.56	1.61	1.59
Crecimiento	6	1.76	1.62	1.67	1.68	1.64	1.68	1.68
	8	1.72	1.65	1.70	1.70	1.70	1.68	1.69
	10	1.95	1.94	1.92	1.84	1.90	1.81	1.89
Desarrollo	12	2.08	2.12	2.16	2.11	2.04	2.04	2.09
	14	2.12	2.06	2.13	2.14	2.07	2.09	2.10
	16	2.21	2.14	2.19	2.19	2.09	2.08	2.15
	18	2.71	2.59	2.71	2.65	2.48	2.49	2.61
EE		0.16	0.15	0.15	0.16	0.14	0.15	

*No hubo diferencia ($p>0.05$).

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

El costo de las dietas se muestran en el (Cuadro 14), observándose que se redujo el costo de las dietas al utilizar los aceites acidulados de soya en sustitución del aceite crudo de soya desde 0.5 % hasta 3.11 %, ya que los aceites acidulados de soya también tienen un precio diferente, pero ambos son más baratos que el aceite crudo de soya.

Cuadro 14. Costo de producción de las dietas en pollas (Kg) de 1 a 18 semanas

Etapas	Trat	\$ kg de alimento	% disminución de alimento
Iniciación	T1	4.67	
	T2	4.79	
	T3	4.65	.5
	T4	4.73	1.3
	T5	4.61	1.3
	T6	4.65	2.9
Crecimiento	T1	4.33	
	T2	4.45	
	T3	4.31	.5
	T4	4.40	1.3
	T5	4.27	1.4
	T6	4.32	2.9
Desarrollo	T1	3.99	
	T2	4.17	
	T3	3.96	.75
	T4	4.12	1.2
	T5	3.92	1.7
	T6	4.04	3.11

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

CONCLUSIONES

- Se concluye que no hay diferencia en la EM, de los aceites acidulados y el aceite crudo de soya, a pesar de que la composición de ácidos grasos de los aceites acidulados era diferente.
- Los aceites acidulados, se pueden utilizar como fuente de energía, en las pollas sustituyendo al aceite crudo de soya, en las etapas de iniciación, crecimiento y desarrollo.
- Los aceites acidulados disminuyen el costo del alimento, no afectando la salud del animal en 18 semanas de experimentación.

LITERATURA CITADA

AOAC 2000. Official Methods of Analysis. 18th rev. ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA. pp. 41-42.

Bauza, R. 2008. Curso de nutrición animal. Bioenergetica. Montevideo Uruguay.

Baiao, N. C., and L. J. Lara. 2005. Oil and Fat in Broiler Nutrition. Brazilian Journal of Poultry Science. 7(3): 129-141.

Bensadoun, A., and A. Rothfeld. 1972. The form of absorption of lipids in the chicken, *Gallus domesticus*. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. 141(1): 814-817.

Blanch, A., A. C. Barroeta, M. D. Baucells, X. Serrano and F. Puchal. 1996. Utilization of different fats and oils by adult chickens as a source of energy, lipid and fatty acids. Animal Feed Science Technology. 61: 335-342.

Bondi, A. A. 1989. Nutrición animal. Edt. Acribia. Zaragoza. pp. 546.

Bornstein, S., and B. Lipstein. 1963. Some unusual waste vegetable oils or fat supplements in practical broiler rations. Poultry Science. 42: 172-184.

Brake, J., B. Lenfestey, and P.Greenberg. 2002. Evaluation of nine commonly used fat sources for inclusion in broiler diets. Poultry Science. 91st Annual Meeting Abstracts. Newark, Delaware. pp. 175.

Bustillo, P.R., M. Cuca, G., R. Cervantes, M., y A. Pro. M. 1991. Determinación de la calidad nutritiva de pastas de soya y soya integral mediante pruebas de laboratorio y biológicas en pollos de engorda y gallos Leghom. Agrociencia. 1 (3): 57-70.

Cabrera, T.A. 2009. La avicultura en México. Los avicultores. 66: 34-36.

Canakci, M., and J. Gerpen. 2001. Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids. Trans ASAE. 44: 1429-1436.

Canakci, M., and H. Sanli. 2008. Biodiesel production from various feed stocks and their effects on the fuel properties. Journal Ind Microbiol Biotechnol. 35: 431-441.

Church, D. P. y W.G. Pond. 2003. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ed. Limusa, S.A. de C.V. México D.F. pp. 105-127.

Crampton, E. W. 1979. Nutrición animal aplicada. Edt. Acribia. Zaragoza. pp. 754.

Crespo, N. Alcarria. 2000. Reducción de la deposición de grasa abdominal en el pollo de carne mediante la modificación del perfil de ácidos grasos de la dieta. Tesis. Doctor. Universitat Rovira i Virgili. pp. 40-55.

Cuca, G. M., A. Pró M. y E. Ávila. G. 2009. Alimentación de las aves. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 1-154.

Dibner, J.J., C.A. Atwell, M.L. Kitchell, W.D. Shermer, and F.J. Ivey . 1996. Feeding of oxidized fats to broilers and swine: effects on enterocyte turnover, hepatocyte proliferation and the gut associated lymphoid tissue. *Animal Feed Science Technology*. 62: 1-13.

Dolz, S. 1991. Valoración energética de los alimentos para gallinas ponedoras. In: *Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras*. Edt. Mundiprensa. Madrid. pp. 115-143.

Dolz, S. 1996. Utilización de grasas y subproductos lipídicos en monogástricos. Madrid, 7 y 8 de Noviembre. XII Curso de especialización. FEDNA.

Dowd, M. K. 1996. Compositional characterization of cottonseed soapstocks. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 73: 1287–1295.

Dowd, M. 1998. Gas chromatographic characterization of soapstocks from vegetable oil refining. *Journal of Chromatography*. 816: 185–193.

Dumont, M.J., and S. S. Narine. 2007. Soapstock and deodorizer distillates from North American vegetable oils: Review on their characterization, extraction and utilization. *Food Research International*. 40: 957-974.

Dumont, M.J., and S. S. Narine. (b). 2007. Characterization of Flax and Soybean Soapstocks, and Soybean Deodorizer Distillate by GC-FID. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 84: 1101-1105.

Escribano, F. 1991. Fisiología digestiva y metabolismo de las grasas e hidratos de carbono en gallinas ponedoras. In: *Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras*. Edt. Mundiprensa. Madrid. pp. 13-31.

Fennema, O., R. 1993. Introducción a la ciencia de los alimentos. Edt. Reverté. Barcelona. pp. 135-235.

Fernandes, J.I., A. Freitag, R. Rochadelli, A. Burin, and C. Cordeiro. 2002. Resíduo gorduroso da indústria de óleos vegetais em substituição ao óleo de soja em ração para frangos de corte. *Archives of Veterinary Science*. 7 (2): 135-141.

Ferreira, W.M. 1999. Digestão e metabolismo dos lipídios. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG. pp. 1-34.

Francesch, M. 2001. Sistemas para la valoración energética de los alimentos en aves. *Producción Animal*. 9(1): 35-42.

Freeman, C.P., D.W. Holme, and E.P. Annison. 1968. The determination of the true digestibilities of interesterified fats in young pigs. *Journal of Nutrition*. 22 (4): 651-660.

Grobas, S., J. Méndez, and G.G. Mateos. 1996. Utilización de grasas y subproductos lipídicos en avicultura. *Memorias XIV Congreso Avicultura*. Santiago de Chile. pp. 42-50.

Haas, M.J. 2005. Improving the economics of biodiesel production through the use low value lipids as feedstocks: vegetable oil soapstock. *Fuel Process Technology*. 86: 1087-1096.

Harms, R., G. Russell, and D. Sloan. 2000. Performance of four strains of commercial layers with major changes in dietary energy. *Poultry Science*. 9: 535-541.

Hrdinka, C., W. Zollitsch, W. Knaus, and F. Lettner. 1996. Effects of dietary fatty acid pattern on melting point and composition of adipose tissues and intramuscular fat of broiler carcasses. *Poultry Science*. 34: 367-381.

Itzá Ortiz, M. F., López Coello, C., Ávila González, E., Gómez Rosales, S., Arce Menocal, J., Velásquez Madrazo, P.A. 2008. Efecto de la fuente energética y el nivel de energía sobre la longitud de vellosidades intestinales, la respuesta inmune y el rendimiento productivo en pollos de engorda. *Veterinaria México*. 39(4): 357-376.

Keith, F.W., Jr. F.E. Blackly and F. S. Sadler. 1954. Impurities in vegetable oil refining soapstock. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 30: 298-302.

Krogdahl, A. 1985. Digestion and absorption of lipids in poultry. *Journal of Nutrition*. 115: 675-685.

Lara, L.J., N.C. Baiao, and F.C. Aguilar. 2005. Efeito de fontes lipídicas sobre o desempenho de frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 57(6): 792-798.

Leeson, S. 1996. Programas de alimentación para ponedoras y broilers. Dept. of Animal and Poultry Science University of Guelph, Ontario. Canada N1G 2W1.

Leeson, S., and J.D. Summers. 2001. Nutrition of the chicken. 4th ed. Ontario: University Books. pp. 584.

Leeson, S., and J.D. Summers. 2005. Comercial poultry nutrition. 3th ed. University Books, Guelph, Ontario, Canadá. pp. 124-161.

Maynard. LA. 1989. Nutrición animal. 7 ed. Edt. Mc Graw Hill. México. pp. 640.

Mateos, G., P. Rebollar., y P. Medel. 1996. Utilización de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas. Madrid, 7 y 8 de Noviembre. XII Curso de especialización. FEDNA.

Mateos, G. G., and J. Sell. 1980. Influence of graded levels of fat on utilization of pure carbohydrate by the laying Hen. *Journal of Nutrition*. 110: 1894-1903.

Mc Donald, P., R. Edwards, and F. Greenhalgh. 1995. *Nutrición animal*. Edt. Acribia. Zaragoza. pp. 571.

Miles R. D., and G. D. Butcher. 2005. Advantages and disadvantages of feeding fats in poultry nutrition. In: *Aves RAPCO*. Costa Rica.

Narciso, G. C. 2002. Estimación de energía metabolizable y valor biológico de aceite de soya con alto contenido de ácidos grasos libres, para la alimentación de aves. Tesis. Maestro en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo. de México. pp. 36.

National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. National Academy of Sciences. Washington, National Academy Press 2101 Constitution Avenue, NW Washington, D.C. 20418, U.S.A.

North, . 1986. *Manual de producción avícola*. Edt. Manual moderno. México. pp. 50-148.

Pardío, V. T., L. A. Landín, K. N. Waliszewski, C. Badillo, and F. G. Pérez. 2001. The Effect of Acidified Soapstocks on Feed Conversion and Broiler Skin Pigmentation. *Poultry Science*. 80: 1236–1239.

SAS Institute. 1999. *Statistical Analysis System*. The SAS system for Window release 8.0. USA. pp. 558.

Ruth, R., and W.Hill. 1961. Factors Affecting the Absorbability of Saturated Fatty Acids in the Chick. *Journal of Nutrition*.74: 254-258.

Scott, L. M., C. Nesheim, and R. Young. 1982. *Nutrition of the chicken*. Third Edition. Ed. M.L. Scott and Associates. Ithaca. New York. pp. 16-99.

Sheehy, P.,P. Morrissey, and A. Flynn.1993. Influence of heated vegetable oils and α -tocopheryl acetate supplementation on α -tocopherol, fatty acids and lipid peroxidation in chicken muscle. *Poultry Science*. 34: 367-381.

Shermer, W.D., F.J. Ivey, J.T. Andrews, C.A. Atwell, M.L. Etchell, and J.J. Dibner. 1995. Feeding of oxidized fats to broilers: Poor performance is associated with functional changes in the gastrointestinal system. *Journal Australia Poultry Science*. 115-159.

Sibbald, I.R. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Science* 55: 303-308.

Sibblad, I.R. 1982. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingtuff: a review. *Journal Animal Science*. 62: 983-1048.

Sibbald, I.R. 1986. The T.M.E. system of feed evaluation: methodology, feed composition data and bibliography. Thech. Bull. 1968-4E, Res Brach, Araric. Canada. pp. 7-34.

Sibbald, I.R., and J.G. Kramer. 1980. The effect of the basal diet on the utilization of fat as a source of true metabolizable energy, lipid, and fatty acids. Poultry Science. 59: 316-324.

Sibbald, I.R. 86. The Variability of Metabolizable Energy Estimates. Journal Nutrition. 117: 779-780.

Sibbald, I.R., 1989. Metabolizable Energy Evaluation of Poultry Diets. In: Recent Development in Poultry Nutrition, Cole, D.J.A. and W. Haresing (Eds.). Anchor Press Ltd., Tiptree, Essex, pp. 12-26.

Sklan, D. 1979. Digestion and absorption of lipids in chicks feed triglycerides of free fatty acids: Synthesis of monoglyceridos in the intestine. Poultry Science. 58: 885-889.

Summers, J., S. Slinger, I.R. Sibbald, and W. Pepper. 1963. Influence of protein and energy on growth and protein utilization in the growing chicken. Journal of Nutrition. 82: 463-468.

Valencia, M.E., S.E. Watkins, A.L. Waldroup, and P.W. Waldroup². 1993. Utilization of crude and refined palm and palm Kernel oils in broiler diets. Poultry Science. 72: 2200-2215.

Waliszewski, K. N. 1986. Use of Soapstock in feeding Broilers. Nutrition Reports International. 34(3): 429-435.

Waliszewski, K. N. 1987. Fatty acid composition of different oils and their Soapstock. Nutrition Reports International. 35(1): 87-91.

Wiseman, J. 1984. Assessment of the digestibility and metabolizable energy of fats for non-ruminants. In: Fats in Animal Nutrition. Ed. J. Wiseman. Butterworth's, London. pp. 227-297.

Wiseman, J. and Salvador, F., 1991. The influence of free fatty acid content and degree of saturation on the apparent metabolizable energy value of fats fed to broilers. Poultry Science 70: 573-582.

Woerfel, J.B. 1983. Alternatives for processing of Soapstock. Journal of the American Oil Chemists' Society. 60: 310-313.

Wong, D., S. 1995. Química de los alimentos mecanismos y teoría. Edit. Acribia. Zaragoza. pp. 1-48.

Wong, M.H. 1983. Quality of Byproducts from chemical and physical refining of palm oi ande other oils. Journal of the American Oil Chemists' Society. 60: 316-321.

**CAPÍTULO II. EVALUACIÓN DE DOS ACEITES ACIDULADOS
DE SOYA EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS
GRASOS EN HUEVO**

EVALUACIÓN DE DOS ACEITES ACIDULADOS DE SOYA EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN HUEVO

**Jennifer Pérez Martínez, MC.
Colegio de Postgraduados, 2011**

RESUMEN

Los aceites son ingredientes que se usan en la alimentación animal, por su alto contenido de energía. Por lo que se evaluaron dos aceites acidulados de soya (AAT y AAY) y el aceite crudo de soya (ACS) en las variables producción, calidad y composición de ácidos grasos en huevo. Se utilizaron 240 gallinas Bovans White de 30 semanas de edad, en seis tratamientos, con cinco repeticiones, con ocho gallinas cada una. El aceite crudo de soya y los aceites acidulados de soya se incluyeron en dos niveles 2 % y 4 %. Se evaluaron las variables consumo de alimento (CON), conversión alimenticia (CONV), peso huevo (PH), masa de huevo (MH), porcentaje de postura (PP), unidades haugh (UH), altura de albumina (AA), color de yema (CY), grosor de cascarón (GC) y perfil de ácidos grasos en huevo. Para las variables evaluadas no hubo diferencias ($p>0.05$); en PP, PH, MH, CON y CONV. En los resultados encontrados para calidad del huevo GC y AA, no se encontraron diferencias ($p>0.05$); sin embargo en color de yema los resultados indicaron que hubo diferencias entre tratamientos ($p<0.05$). En la evaluación de la composición lipídica del huevo se encontró que la cantidad de ácidos grasos fue afectada por los tratamientos, en doce semanas de experimentación. Se concluye que los aceites acidulados, como fuente de EM, son una alternativa para usarse en la formulación de dietas para gallinas, y que la variación que hay en su composición de ácidos grasos no afecta los parámetros productivos, abaratando sus costos de producción y considerándose como fuente de pigmento natural.

Palabras clave: Aceite crudo de soya, composición lipídica, energía metabolizable, gallinas.

EVALUATION OF TWO SOYBEAN SOAPSTOCKS IN EGG PRODUCTION AND COMPOSITION OF FATTY ACIDS

Jennifer Pérez Martínez, MC.
Colegio de Postgraduados, 2011

ABSTRACT

Oils are commonly used ingredients in animal feeding given their high energy content. Therefore, two soybean soapstocks (AAT y AAY) and soybean oil (ACS) were evaluated for the variables of quality and composition of fatty acids in eggs. To do this, 240 30-week-old Bovans White hens were distributed among six treatments with five repetitions with, eight hens per treatment. The soybean oil and soapstocks were added at two levels: 2 % and 4 %. The following variables were evaluated: feed intake (CON), feed conversion (CONV), egg weight (PH), egg mass (MH), laying percentage (PP), Haugh units (UH), albumen height (AA), yolk color (CY), shell thickness (GC), and profile of fatty acids in the egg. There were no differences ($p>0.05$) among treatments in evaluated variables PP, PH, MH, CON, and CONV. With regard to egg quality, GC, and AA, no differences were found ($p>0.05$); however in egg yolk color were differences among treatments ($p<0.05$). As for the lipid composition of the eggs, the amount of fatty acids was affected by the treatments, at twelve weeks into the experiment. The conclusion is that soapstocks as a source of ME are a viable alternative in the formulation of diets for hens, and that the variation found in the composition of fatty acids does not affect the productive parameters, making production costs more economic, and can be considered as a natural source of pigment.

Key words: Soybean oil, lipid composition, metabolizable energy, hens.

INTRODUCCIÓN

Las necesidades de energía de las aves de postura son un factor económico importante que influye en el precio del alimento y en la rentabilidad de la explotación, por lo que es conveniente utilizar ingredientes de bajo costo y alto contenido de energía que permita formular dietas más económicas y adecuadas a las necesidades energéticas de las aves, con el objeto de obtener mayores ganancias.

En las dietas para gallinas, se utiliza el aceite crudo de soya por su alto contenido de ácido linoleico (Zumbado *et al.*, 1999; Leeson y Summers, 2005) y de otros ácidos grasos insaturados, los cuales son más digeridos por las aves en comparación con las grasas de origen animal que contienen más ácidos grasos saturados (Sklan, 1979) lo que reduce su digestión (Wiseman y Salvador, 1991). Una alternativa como fuente de energía para las aves es el aceite acidulado de soya que tiene un precio inferior al aceite crudo de soya, sin embargo su composición de ácidos grasos es muy variable, ya que depende del tipo y calidad del aceite crudo del cual se obtengan así como de las condiciones del proceso de refinación (Woerfel, 1983), el cual está basado en procesos físicos y químicos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Producción de huevo en México

En las últimas décadas, la avicultura ha tenido grandes avances en aspectos de nutrición y genética, lo que ha traído como consecuencia, que las aves sean más eficientes en la producción de carne y huevo, que son las fuentes protéicas de origen animal más económicas (Ávila, 2004). La selección genética se ha dirigido a las altas producciones de huevo (Jones *et al.*, 2001), con consumos de alimento más bajos, pero manteniendo el equilibrio de nutrientes que las aves necesitan para cubrir sus requerimientos nutricionales.

Las aves son transformadoras de proteína de origen vegetal a animal representando más del 60 % de la producción pecuaria del país, donde cada 10 personas, es decir el 63.5 % incluye en su dieta productos avícolas como huevo, pollo y pavo (UNA, 2010).

Requerimientos de energía en aves ponedoras

El consumo nacional aparente de huevo para plato ha crecido de 1994 al 2010, de 16.7 kg a 22.4 kg, indicando una tasa media de crecimiento anual (TMCA) de 3.3 % por año; produciéndose aproximadamente 2, 354,242 millones de toneladas de huevo al año, este nivel de producción ubica al país en el sexto lugar a nivel mundial en producción de huevo (UNA, 2010).

México es el primer consumidor de huevo a nivel mundial, en el 2008 se consumieron 21.68 kg de huevo por habitante lo que representa un consumo de 347 piezas por habitante al año; ubicándose como el bien pecuario más barato en el mercado nacional (UNA, 2010).

Las aves son más eficientes en producción de huevo, ya que la selección genética se ha dirigido a la alta producción de huevo (Jones *et al.*, 2001), con consumos de alimento bajos.

Se sabe que las aves regulan su consumo de alimento, según el contenido de energía en la dieta (Peterson *et al.*, 1954; Harms *et al.*, 2000), cuando la concentración energética de la dieta aumenta, las gallinas comen menos y con dietas de baja concentración energética comen más Leeson *et al.*, (2000). Hill *et al* (1956) reportaron que gallinas alimentadas con una dieta con 1845 Kcal/kg consumían 9.7 % más alimento que gallinas que recibieron una dieta con 2046 Kcal/kg de alimento.

Las recomendaciones de energía pueden variar según la fuente de información; Cuca *et al* (2009), sugieren 2600 Kcal/kg a 2800 Kcal/kg, mientras que el National Research Council (NRC, 1994), recomienda una cantidad de 2850 Kcal/kg de energía metabolizable, durante todo el ciclo de producción. Por otro lado Leeson y Summers (2005), recomiendan empezar en la semana 32 con 2900 Kcal/kg reduciendo el nivel de EM al final del ciclo de postura a 2800 Kcal/kg.

Composición del huevo

El huevo contiene una proporción equilibrada de grasa, proteína, minerales y vitaminas, su composición puede variar según la estirpe, edad de la gallina y la alimentación.

La clara, está formada básicamente por agua (88 %) y proteínas (11 %), siendo la ovoalbúmina la más importante. La yema contiene lípidos y algunos micro nutrientes. Esto indica que el huevo es un alimento rico en nutrientes y con pocas calorías. Un huevo de 60 g aporta únicamente 75 Kcal (Rull, 2010).

Composición Lipídica de la yema de huevo

La grasa del huevo se concentra principalmente en la yema, el perfil de ácidos grasos va a variar dependiendo del contenido de la dieta (Van Elswyk, 1997). La yema está compuesta de 32 % a 36 % de lípidos, de los cuales 65 % son triglicéridos (más del 80 % proceden de los ácidos grasos de la dieta) (Naber y Biggert, 1989), 28 %-30 % fosfolípidos y 4 % a 5 % de colesterol (Yoshinori, 2008).

Los lípidos de la yema se sintetizan en el hígado (95 %) donde los triglicéridos son incorporados a lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) que junto con la lipofosfoproteína son los principales precursores de las lipoproteínas a la yema del huevo (Escribano, 1991).

Peso del huevo

El control del tamaño del huevo es importante para un óptimo rendimiento en las ganancias de la producción. El peso del huevo se puede manipular por la cantidad y calidad del alimento, como por el peso corporal y la edad de la gallina (Quintana, 2001).

Pigmentación

En México la pigmentación es un factor importante para los consumidores, ya que asocian la pigmentación del pollo o la yema del huevo con su calidad, aunque es sabido que la pigmentación no es importante desde el punto de vista nutricional.

El color amarillo en la yema es atribuido a la presencia de grasas y carotenoides. La mayoría de carotenoides, son compuestos llamados xantofilas con cantidades menores de carotenos (William *et al.*, 1995).

Los pigmentos que se adicionan en las dietas de pollos de engorda y gallinas ponedoras pueden ser de origen natural como: harina de alfalfa, maíz amarillo, flor de cempasúchil, chiles y pigmentos sintéticos (Cuca *et al.*, 2009).

Los carotenoides son consumidos por el ave en la dieta y después pasan a torrente sanguíneo para ser depositados en la yema (Balnave y Bird, 1996). Las aves tiene distinta capacidad para trasportar los carotenoides, desde el alimento ingerido hasta la yema (Buxadé, 2000).

JUSTIFICACIÓN

Las necesidades de energía de las aves de postura son un factor económico importante que influye en el precio del alimento y en la rentabilidad de la explotación, esto representa un problema, el de los altos costos del alimento, lo que hace necesario realizar investigaciones de nuevos ingredientes energéticos como los aceites acidulados de soya con el objetivo de cubrir los requerimientos que las gallinas ponedoras necesitan para obtener mayores ganancias en la producción de huevo.

HIPÓTESIS

- La composición de ácidos grasos de los aceites acidulados de soya, va a influir en las variables productivas y composición lipídica del huevo.
- El aceite acidulado de soya, reduce los costos de alimentación en gallinas de postura.
- El aceite acidulado de soya a niveles elevados no causa efectos perjudiciales en el rendimiento de las gallinas ponedoras.

OBJETIVOS

- Evaluar dos aceites acidulados de soya en la producción de gallinas Bovans White.
- Evaluar la composición lipídica del huevo, con los diferentes aceites acidulados administrados a las gallinas ponedoras.
- Reducir los costos del alimento utilizando el aceite acidulado de soya en reemplazo del aceite crudo de soya en gallinas Bovans White.
- Evaluar los efectos de los aceites acidulados de soya en el rendimiento de las gallinas ponedoras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 240 gallinas Bovans White de 30 semanas de edad, las cuales se distribuyeron en grupos homogéneos, en seis tratamientos, con cinco repeticiones, con ocho gallinas cada una, se alojaron dos gallinas por jaula de (30x60x90cm). El diseño experimental fue completamente al azar, el periodo experimental fue de 16 semanas, donde se evaluaron tres aceites (ACS, AAT y AAY), a dos niveles 2 % y 4 % en dietas a base de sorgo - pasta de soya.

Las gallinas recibieron 16 h luz por día. Las características productivas evaluadas fueron peso del huevo (PH) pesado todos los días, consumo de alimento (CON), conversión alimenticia (CONV), masa de huevo (MH), porcentaje de postura (PP) y en la calidad de huevo se evaluó la altura de albúmina (AA), unidades Haugh (UH), color de yema y grosor de cascarón (GC).

Las dietas fueron isocalóricas a base sorgo – pasta de soya (Cuadro 15), cubriendo los requerimientos de aminoácidos, energía, vitaminas y minerales para gallinas señalados por NRC

(1994) y Cuca *et al* (2009). El agua y alimento se ofrecieron *ad libitum*. Para obtener las cantidades de energía requeridas en las dietas, se utilizó arena esterilizada en autoclave, para nivelar las concentraciones de EM deseadas.

Cuadro 15. Composición y análisis calculado de las dietas experimentales (%)

Ingrediente (%)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Sorgo (8.3 PC)	63.49	57.45	64.08	58.63	64.08	58.63
Pasta soya (45.8 PC)	22.32	22.97	22.26	22.84	22.26	22.85
Arena	0.52	3.89	0	2.84	0	2.84
Aceite acidulado T	0	0	2	4	0	0
Aceite acidulado Y	0	0	0	0	2	4
Aceite crudo de soya	2	4	0	0	0	0
DL-Metionina	0.32	0.33	0.32	0.33	0.32	0.33
CaCO ₃ (38)	10.05	10.04	10.06	10.04	10.06	10.04
Fosfato dicálcico (18/21)*	0.49	0.53	0.49	0.52	0.49	0.52
Premezcla vitamínica**	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Premezcla mineral***	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Pigmento	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
\$ kg-1 de alimento	4.44	4.56	4.42	4.52	4.38	4.44
Análisis calculado						
EM (Kcal/kg)	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Proteína cruda (%)	15.53	15.23	15.55	15.37	15.55	15.37
Calcio (%)	4	4	4	4	4	4
Fósforo disponible (%)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Lisina (%)	0.83	0.83	0.82	0.83	0.82	0.83
Metionina+Cistina (%)	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Triptófano (%)	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
Treonina (%)	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Ácido linoleico (%)	1.88	2.9	1.42	1.98	0.94	1.02

*18= fósforo y 21=calcio

**Aporta por kilogramo de alimento: vitamina A, 9000 UI; vitamina D3, 2500 UI; vitamina E, 20 UI; vitamina K, 3.0 mg; vitamina B2, 8.0 mg; vitamina B12, 0.015 mg; Ac. Pantotenico, 10 mg; niacina, 40 mg; Ac. Fólico, 0.5 mg; colina, 300 mg; biótina, 0.055 mg; tiamina, 2.0 mg.

***Aporta por kilogramo de alimento: hierro, 65.0 mg; zinc, 100 mg; manganeso, 100 mg; cobre, 9.0 mg; selenio, 0.3 mg; yodo, 0.9 mg.

EM= energía metabolizable.

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

VARIABLES A MEDIR

Respuesta productiva

Peso de las aves. Se realizó al inicio del experimento (5 junio de 2009) y al final (9 de octubre de 2009).

Consumo de alimento. Se calculó mediante la relación entre alimento ofrecido y alimento rechazado.

Peso del huevo. Se pesó todos los días.

Calidad del huevo (evaluación física)

Estos estudios se realizaron en el Instituto de Nutrición Salvador Subirán al inicio y después a las 4, 8 y 12 semanas de experimento; se tomaron de cada tratamiento 4 huevos por repetición que tenían 7 d de almacenamiento y se midió: (AA), (UH) utilizando el equipo Egg Multi Tester (QCM System, Technical Services y Supplies, Dunnington, Reino Unido), (CY) y (GC) utilizando un tornillo micrométrico (Figura 8).

Composición de ácidos grasos en huevo

Para conocer el contenido de ácidos grasos en huevo, se tomaron 4 huevos por repetición, se mezclaron con la yema (pool); mediante la técnica lípidos totales AOAC (2000) método 923.07 y perfil de ácidos grasos AOAC (2000) método 969.33.

Costos de producción

Se obtuvo el precio de cada una de las dietas, posteriormente para determinar el costo de producción de un kilogramo de huevo por concepto de alimento de cada tratamiento se utilizó la

CA de cada tratamiento y multiplicándose por el costo del alimento se obtuvo cuanto salía producir un kilo de huevo según el tratamiento utilizado.



Figura 8. Aparato Egg Multi Tester (QCM System, Technical Services y Supplies, Dunnington, Reino Unido) y micrómetro

Análisis estadístico

El diseño estadístico para evaluar las variables fue un modelo completamente al azar y se realizó un análisis de varianza utilizando el procedimiento MIXED mediante el programa estadístico SAS (1999). Se evaluaron tres aceites (aceite crudo de soya, acidulado T y acidulado Y) y dos niveles de inclusión (2 % y 4 %). Las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey.

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + (JT)_{ij} + E_{ijk} \quad ; \quad \text{donde:}$$

Y_{ijk} = Valor de la variable respuesta correspondiente al i-ésimo tratamiento, en la j-ésima época, de la k-ésima repetición.

μ = Media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento donde $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$.

S_j = Efecto del j-ésima época.

$(JT)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo tratamiento, en la j-ésima época.

E_{ijk} = Error experimental del i-ésimo tratamiento, en la j-ésima época, de la k-ésima repetición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se muestran en el (Cuadro 16), donde se aprecia que no hubo diferencias ($p > 0.05$) entre aceites y niveles para PP, PH, MH, CON y CONV, lo cual es atribuible a que la EM del aceite crudo y los aceites acidulados no fueron diferentes. El PP no disminuyó, lo cual se podría atribuir a que las dietas eran isocalóricas, ya que la producción de huevo aumenta al incrementar la energía (Leeson, 1996). Mientras que Brake (1990) reporta que la adición de aceites a niveles de 2 % (2943 Kcal/kg), 4 % (3043 Kcal/kg) y 6 % (3140 Kcal/kg) en la dieta de gallinas en producción no disminuye la producción de huevo.

El PH no se afectó por el porcentaje de la composición de los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados del aceite crudo y los aceites acidulados a pesar de que el ACS contenía 16.50 % de poliinsaturados, el AAT 16.97 % y el AAY 4.88 %, datos parecidos a

los encontrados por Pardo *et al* (2005) quienes no encontraron diferencia en el peso del huevo al utilizar el aceite acidulado de soya al 25 %, 50 %, 75 % y 100 % de aceite acidulado de soya.

Algunos autores atribuyen el peso del huevo a un ácido graso en específico, Wiseman (1994) menciona que el ácido linoleico (AL) es importante para obtener huevo de mayor tamaño. Sin embargo, en esta investigación realizada el contenido de AL era diferente en las dietas (Cuadro 2) lo cual no influyó en el PH, ya que es la composición de todos los ácidos grasos de los aceites lo que incrementa el tamaño del huevo (Whitehead *et al.*, 1993).

El CON no fue diferente, ya que las concentraciones de EM en las dietas fue igual (2800 Kcal/kg), se sabe que las aves ajustan su consumo de alimento de acuerdo a la concentración de energía de la dieta, (Cuca *et al.*, 2009) cuando la concentración energética de las dietas aumenta comen menos, y con dietas de baja concentración energética comen más (Leeson *et al.*, 2000). Harms *et al* (2000) mostraron que las gallinas alimentadas con dietas que contenían 2519 Kcal de EM/kg, consumían 8.5 % más alimento, que gallinas alimentadas con dietas que contenían 2798 Kcal de EM/kg, y 3.0 % menos con gallinas alimentadas con dietas que contenían 3078 Kcal de EM/kg. La MH y la CONV tampoco fueron diferentes ya que el PH y el CON tampoco lo fueron respectivamente.

Los resultados obtenidos en calidad del huevo se muestran en el (Cuadro 17), para AA y UH no se encontraron diferencias a niveles y aceites ($p>0.05$). Pardo *et al* (2005) no encontraron diferencias en los parámetros PH, GC, UH al utilizar el aceite acidulado de soya, lo que indica que aparentemente los acidulados no intervienen para mejorar estas variables.

En CY los resultados indicaron que los diferentes aceites así como los niveles de inclusión aumentaron la pigmentación de la yema de manera significativa ($p < 0.05$), observándose que el AAT a medida que aumentó la inclusión se incrementó la coloración en la yema, en relación a los tratamientos T1, T2, T5 y T6 (Figura 10), lo que indica que la inclusión de los aceites acidulados en la dieta favorece la pigmentación del huevo, ya que estos al ser un subproducto de refinación concentran todos los pigmentos del aceite original; en pollos de engorda Pardo *et al* (2001) encontraron que el uso de aceite acidulado de soya es importante como una fuente de pigmento natural en pollo de engorda.

Los resultados de GC no fueron diferentes ($p > 0.05$), encontrándose entre los valores apropiados que van de 250 a 400 μm (Sauveur, 1993).

Por otra parte el haber adicionado hasta un 4 % de aceite acidulado de soya no afectó la producción en las gallinas.

Cuadro 16. Variables productivas durante 16 semanas de experimentación en gallinas Bovans White

Tratamiento*	PP(%)	PH(g)	MH(g) Ave/día	CON(g) Ave/día	CONV
T1	96.1	58.9	56.6	103.2	1.84
T2	93.5	60.3	56.3	102.3	1.83
T3	95.1	59.6	56.6	103.3	1.83
T4	95.6	59.2	56.6	102.4	1.82
T5	94.0	59.1	55.4	102.7	1.81
T6	93.8	59.1	55.3	101.9	1.86
EE	0.43	0.21	0.25	0.22	0.07

*No son significativas ($p > 0.05$). EE, error estándar.

PP, Porcentaje de postura; PH, Peso de huevo; MH, Masa de huevo; CON, Consumo de alimento; CONV, Conversión alimenticia.

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

Cuadro 17. Calidad del huevo en gallinas alimentadas durante 16 semanas con diferentes aceites

Tratamiento	CY	AA (mm)	GC (micrones)	UH
T1	7.2c	5.07	370	66.2
T2	7.1c	4.97	360	65.1
T3	7.6b	5.27	370	69.4
T4	8.0a	5.22	360	68.2
T5	7.1c	5.13	360	68.1
T6	7.1c	5.47	360	69.8
EE	0.15	0.07	2.11	0.74

Valores con distinta letra en la misma columna son diferentes ($p < 0.05$); EE, error estándar.

CY, Color de yema abanico DSM; AA, Altura de albúmina; GC, Grosor de cascarón; UH, Unidades Haugh.

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

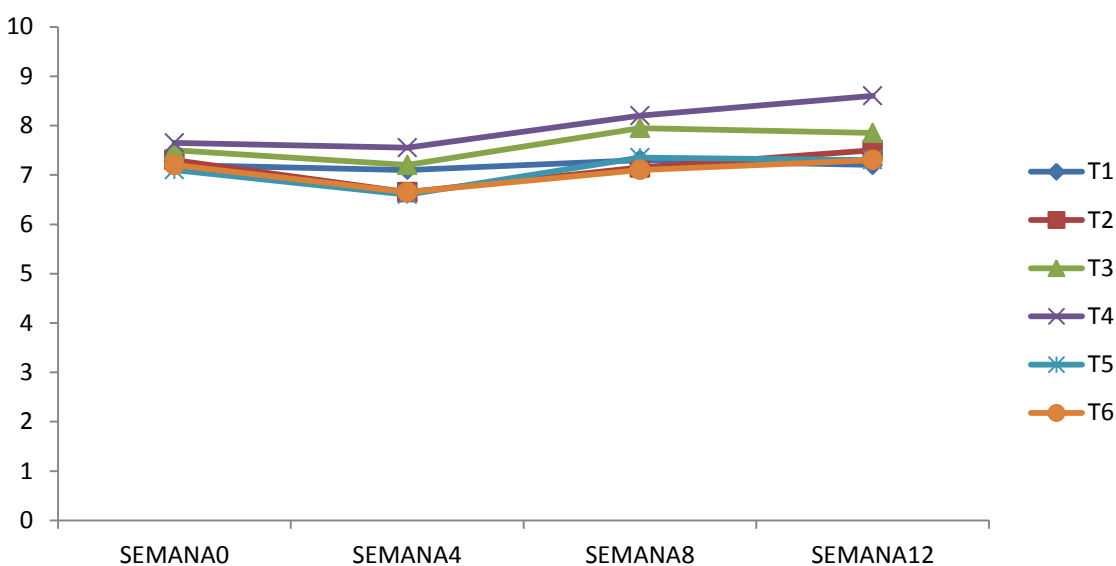


Figura 9. Pigmentación del huevo de gallinas alimentadas con diferentes aceites

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

En la evaluación de la composición lipídica del huevo se encontró que la cantidad de ácidos grasos fue afectada por los tratamientos, en las semanas 4, 8 y 12 (Anexo B) modificándose la composición total de AGS, AGM y AGP del huevo según el aceite del cual procedían (Cuadro 18) (Van Elswyk, 1997) (Figura 10).

Cuadro 18. Perfil de ácidos grasos (% del total de ácidos grasos) en huevo, en gallinas ponedoras alimentadas durante 12 semanas con diferentes aceites acidulados, y a diferentes niveles de inclusión

Ácido graso	T1	T2	T3	T4	T5	T6	EE
Saturados							
Palmítico	25.21b	25.02b	25.36b	24.93b	26.30a	25.73ab	0.21
Esteárico	8.29ab	8.98a	8.36ab	7.92b	8.20b	8.26b	0.11
∑AGS	33.5	34	33.72	32.85	34.5	33.99	
Monoinsaturados							
Palmitoleico	2.90bcd	2.33e	3.05bc	2.33e	3.69a	3.23b	0.21
Oleico	39.72de	37.85e	42.74abc	42.00bcd	43.55ab	44.82a	1.05
∑AGP	42.62	40.18	45.79	44.33	47.24	48.05	
Poliinsaturados							
Linoleico	15.57b	17.66a	11.99c	13.15c	10.02d	9.47d	1.3
Linolénico	0.73b	1.02a	0.57c	0.75b	0.30d	0.28d	0.11
Araquidónico	2.05a	1.89ab	1.81ab	1.78ab	1.81ab	1.61b	0.05
DHA	1.01ab	0.85ab	0.62c	1.05a	0.59c	0.47c	0.09
∑AGP	19.32	21.42	14.99	16.73	12.72	11.83	

Valores con distinta letra en la misma columna son diferentes estadísticamente ($p < 0.05$); EE, error estándar.

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

La concentración de AGS (C16:0 y C18:0) fue afectada por los tratamientos. La concentración de C16:0 fue mayor en el huevo de las gallinas que recibieron el T5 con respecto a aquellas que recibieron los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T6 en el huevo. Para la concentración de C18:0 cuando las gallinas fueron alimentadas con los diferentes tratamientos el T2 fue el más alto seguido del tratamiento T3, T1 y T6 y finalmente el T4 y T5. De los AGS, el palmítico es un ácido de fácil absorción comparado con el AGS esteárico (Renner y Hill, 1961), lo cual podría explicar que el AAY al contener mayor cantidad de C16:0 se deposite mayor cantidad de éste en el huevo. Mientras que el ácido C18:0 se deposito en mayor concentración en los tratamientos del huevo que contenían menor cantidad este ácido, pero que el contenido total de AGI del ACS y AAT era mayor, lo cual ayudó a la absorción de este AGS con respecto al AAY que contenía mayor cantidad de AGS. Lo anterior concuerda con un estudio realizado por Renner and Hill, (1961) quienes encontraron que la absorción del ácido C18:0 en el ACS es del 78 % mientras

que en grasas más saturadas como el sebo y la manteca es de 22 % y 36 % respectivamente, ya que está relacionado con el grado de AGI que contenga el aceite.

La composición de AGM (C16:1 y C18:1) fue modificada cuando las aves fueron alimentadas con los diferentes tratamientos. El nivel de C16:1 fue mayor en las aves que recibieron el T5, con respecto a los tratamientos T2 y T4, mostrándose intermedios T6, T3 y T1. Al igual que en el AAY el ácido C16:1 fue mayor en las aves del T5, lo cual podría indicar que el ácido C16:1 facilita la síntesis de lipoproteínas y su transporte en la deposición del huevo, mientras que Padio *et al.*, 2005, no encontraron diferencias en el huevo con el ácido C16:1 en 15 semanas al utilizar el aceite acidulado de soya. Mientras que el AGM C18:1, fue mayor en los huevos que recibieron el tratamiento T6 con respecto al T1, T2 y T4 pero no en relación a los tratamientos T3 y T5. El ácido C18:1 se incrementa a expensas de los ácidos C16:0, C16:1 y C18:0 lo cual podría explicar que el huevo del T6 contenga mayor ácido C18:1 ya que el AAY es el que contiene en mayor proporción estos ácidos (Grobas *et al.*, 1996).

Con respecto a los AGP (C18:2, C18:3 Y DHA), la cantidad del ácido graso C18:2 varió de 9.47 % a 17.66 %. El valor más alto (17.66 %) se presentó en los huevos del T2, seguido del los tratamientos: T1 (15.57 %), T4 y T3 (13.15 % y 11.99 % respectivamente), y los tratamientos T5 y T6 (10.02 % y 9.47 % correspondientemente). La composición lipídica del huevo en relación al ácido graso C18:3 fue mayor en el tratamiento T2 con respecto a los demás tratamientos. Mientras que la menor concentración de C18:3 fue para los huevos de los tratamientos T6 y T5 con respecto al T4, T1 y T3.

El ácido C18:2 y el C18:3 se encuentran en mayor proporción en el T2 ya que al aumentar la inclusión del ACS aumentó la concentración de ambos ácidos en la dieta y en el huevo (Sell *et al.*, 1968). Indicando que al ser ácidos grasos insaturados aumenta la formación de micelas y su absorción (Freeman *et al.*, 1968). El AGM C20:4 fue mayor en el huevo del tratamiento T1 con respecto al T6, siendo intermedios el T2, T3, T4 y T5. Es importante mencionar que el ácido C20:4, no se encontró en los aceites acidulados pero sí en huevo ya que el ácido C18:2 y C18:3 son precursores del C20:4 (Scaife *et al.*, 1994).

El ácido graso DHA fue superior en los huevos del tratamiento T4 con respecto al T6, T5 y T3 pero no con los tratamientos T1 y T2. Lo cual podría ser atribuible a que los aceites que se adicionaron a las gallinas que pertenecían al T4, T1 y T2 contiene más AGP.

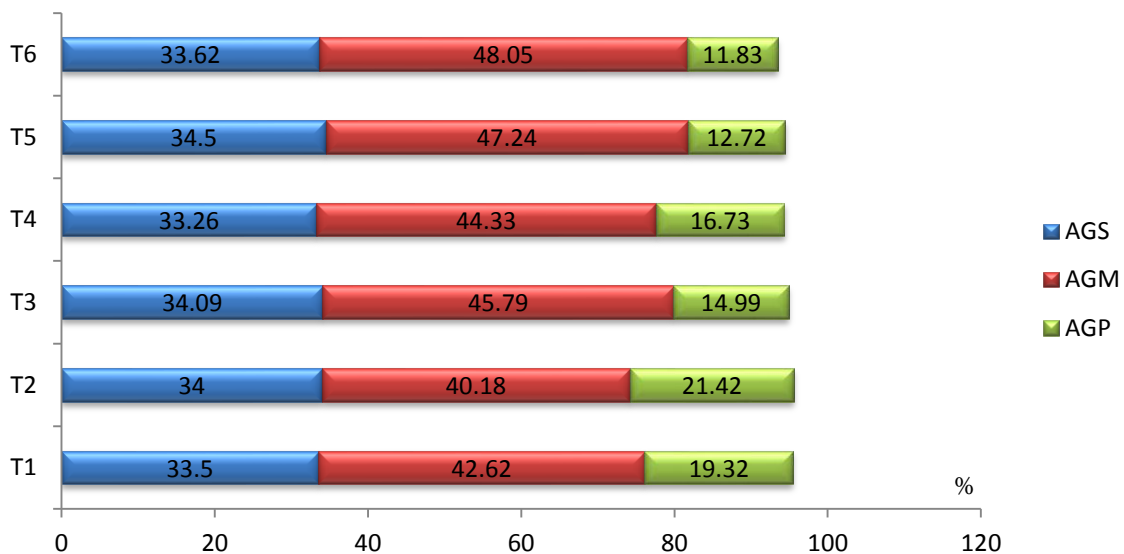


Figura 10. Composición total de ácidos grasos en huevo

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

El costo de las dietas se muestran en el (Cuadro 19), observándose que se redujo el costo de producción al sustituir los aceites acidulados por el aceite crudo de soya en 1 %, 2 % y 3 %, ya que los acidulados tienen un precio diferente, pero ambos más baratos que el aceite crudo.

Cuadro 19. Disminución del costo de producción de los aceites acidulados

Tratamiento	% de aceite	CA	Costo kg de alimento \$	Costo kg de huevo \$	%disminución de costo de producción
T1	2	1.84	4.44	8.17	
T2	4	1.83	4.56	8.34	
T3	2	1.83	4.42	8.09	1
T4	4	1.82	4.52	8.23	2
T5	2	1.81	4.38	7.93	3
T6	4	1.86	4.44	8.26	1

CA, Conversión Alimenticia.

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

CONCLUSIONES

- Se concluye que el uso de aceites acidulados de soya, como fuente de EM, son una alternativa factible al formular dietas para gallinas ponedoras.
- Hay variación en la composición de ácidos grasos de los aceites acidulados, lo cual no afecta los parámetros productivos y calidad del huevo considerándose como fuentes de pigmento natural.
- La composición lipídica del huevo varia con la composición de los aceites acidulados administrados en la dieta de las gallinas ponedoras, cabe mencionar que hay que realizar varios estudios de la composición lipídica del huevo ya que existe gran variación entre los aceites acidulados y no son constantes.
- El uso de aceites acidulados disminuye los costos de producción.

LITERATURA CITADA

- Ávila, G. E. 2004. Alimentación de las aves. Ed. Trillas. México D.F. pp. 102.
- Balnave, D., 1971. Response of laying hens to dietary supplementation with energetically equivalent amounts of maize starch or maize oil. *Journal Science Food Agriculture*. 22: 125-128.
- Balnave, D., y J.N. Bird. 1996. Relative efficiencies of yellow carotenoids for egg yolk pigmentation. *Australasian Journal of Animal Sciences*. 9: 515-517.
- Brake, J. 1990. Effect of four levels of added fat on broiler breeder performance. *Poultry Science*. 69(10): 1659-1663.
- Buxadé, C.C. 2000. La gallina ponedora. 2^a ed. Edt. Mundi prensa. Madrid. pp. 631.
- Chan, D.J. 2007. Aceite de soya acidificado y su efecto en las características productivas de gallinas en producción. Tesis. Maestro en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo. de México. pp. 24-37.
- Cuca, G. M., E. Ávila G. y A. Pró M. 2009. Alimentación de las aves. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo. Edo. De México. pp. 154.
- Escribano, F. 1991. Fisiología digestiva y metabolismo de las grasas e hidratos de carbono en gallinas ponedoras. In: *Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras*. Edt. Mundiprensa. Madrid. pp. 13-31.
- Harms, R., G. Russell, and D. Sloan. 2000. Performance of four strains of commercial layers with major changes in dietary energy. *Poultry Science*. 9: 535-541.
- Hill, F.W., D.L. Anderson, and L.M.Dansky. 1956. Studies on the energy requirement of chickens. **3**. The effect of dietary energy level on the rate and gross efficiency of egg production. *Poultry Science*. 35: 54-59.
- Jones, D.R., K.E. Anderson, and G.S. Davis. 2001. The effects of Genetic selection on production parameters of single comb white leghorn hens. *Poultry Science*. 80: 1139-1143.
- Keith, F.W., Jr. F.E. Blackly, and F. S. Sadler. 1954. Impurities in vegetable oil refining soapstock. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 30: 298-302.
- Keshavarz, K., and S. Nakajima, 1995. The effect of dietary manipulations of energy, protein and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. *Poultry Science*. 74: 50-61.
- Leeson. S. 1996. Programas de alimentación para ponedoras y broilers. Dept. of Animal and Poultry Science University of Guelph, Ontario. Canada N1G 2W1. s/p.

Leeson, S., and J.D. Summers. 2005. Comercial poultry nutrition. 3th ed. University Books, Guelph, Ontario, Canadá. pp. 80-171.

Lesson, S., J. D. Summers, and L J. Caston . 2000. Net energy to improve pullet Growth with low protein amino acid-fortified diets. Journal Applied Poultry Research. 9: 348-392.

Mateos, G.G., J. Piquer y M. García (1995) Utilización de grasas y subproductos lipídicos en dietas para avicultura. Memorias XIV Congreso Latinoamericano de Avicultura. Santiago, Chile.

Naber, E.C., and Biggert, M.D. 1989. Pattern of lipogenesis in laying hens fed a high fat diet containing safflower oil. Journal of Nutrition. 119: 690-695.

National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. National Academy of Sciences. Washington, National Academy Press 2101 Constitution Avenue, NW Washington, D.C. 20418, U.S.A.

Pardío, V. T., L. A. Landín, K. N. Waliszewski, C. Badillo, and F. G. Pérez. 2001. The Effect of Acidified Soapstocks on Feed Conversion and Broiler Skin Pigmentation. Poultry Science. 80: 1236-1239.

Pardío, V.T., L. A. Landín, K. N. Waliszewski, F.G. Pérez, L. Díaz, and B. Hernández. 2005. The Effect of Soybean Soapstock on the Quality Parameters and Fatty Acid Composition of the Hen Egg Yolk. Poultry Science. 84: 148-157.

Peterson, D.W., C.R Grau, and N.F. Peek. 1954. Growth and food consumption in relation to dietary levels of protein and fibrous burk. Journal of Nutrition. 52: 241-257.

Quintana, J.A. 2001. Efecto de la proteína cruda, energía metabolizable y consumo de alimento sobre la productividad, incubabilidad, contenido de lípidos en suero, huevo y hormonas sexuales de gallinas reproductoras pesadas. Tesis. Doctor en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, Colima México.

Rull, R.T. 2010. XVI. Jornadas médico avícolas. UNAM. 24 a 26 de febrero.

SAS Institute. 1999. Statistical Analysis System. The SAS system for Window release 8.0. USA. pp. 558.

Sauver, B. 1993. El huevo para consumo: Bases productivas. Edit. Mundi Prensa. España. pp. 83-110.

Scaife, J.R., J. Moyo., H. Galbraith., W. Michie., and V. Campbell. 1994. Effect of different dietary supplemental fats and oils on the tissue fatty acid composition and growth of female broilers. Poultry Science. 35: 107-118.

Sibbald, I.R, and J.G. Kramer. 1977. The true metabolizable values of fats and fat mixtures. Poultry Science. 56: 2079-2086.

Sibbald, I.R., and J.G. Kramer. 1978. The effect of the basal diet on the true metabolizable energy value of fat. *Poultry Science*. 57: 685-691.

Sell, J. L., R. Angel, and F. Escribano, 1987. Influence of supplemental fat on weights of eggs and yolks during early egg production. *Poultry Science*. 66: 1807–1812.

Sklan, D. 1979. Digestion and absorption of lipids in chicks fed triglycerides of free fatty acids: Synthesis of monoglycerides in the intestine. *Poultry Science*. 58: 885-889.

Summers, J., S. Slinger, I.R. Sibbald, and W. Pepper. 1963. Influence of protein and energy on growth and protein utilization in the growing chicken. *Journal of Nutrition*. 82: 463-468.

Shutze, J.V., L.S. Jensen and J. Mc Ginnis. 1962. Accelerated increase in egg weight of young pullets fed practical diets supplemented with corn oil. *Poultry Science*. 41: 1846-1851.

Unión Nacional de Avicultores. 2010. <http://www.una.org.mx/>

Valencia, M.E., S.E. Watkins, A.L. Waldroup, and P.W. Waldroup². 1993. Utilization of crude and refined palm and palm Kernel oils in broiler diets. *Poultry Science*. 72: 2200-2215.

Van Elswyk M. 1997. Comparison of n-3 fatty acid sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: a review. *Journal of Nutrition* 78 (Suppl. 1), S61-S69.

Waldroup, P.W., and V.E. Tollett. 1972. The acceptability of acidulated cottonseed soapstock as an energy supplement for broiler diets. *Poultry Science*. 51: 1907-1914.

William J. S., and O. J. Cotterill. 1995. *Egg science and technology*. Edt. Ilustrada. E. U.A. pp. 124-180.

Whitehead, C. C., A. S. Bowman, and H. D. Griffin, 1993. Regulation of plasma oestrogen by dietary fats in the laying hen: Relationship with egg weight. *Poultry Science*. 34: 999-1010.

Wiseman, J. and Salvador, F., 1991. The influence of free fatty acid content and degree of saturation on the apparent metabolizable energy value of fats fed to broilers. *Poultry Science* 70: 573-582.

Wiseman, J. 1994. Full fat soya, oils and fats in poultry nutrition. American Soybean Association. Bruselas, Bélgica. pp. 16.

Yoshinori, M. 2008. *Egg bioscience and biotechnology*. Ed. Ilustrada. E.U.A. pp. 362.

Zumbado, E., C. Scheele, and C. Kwarernaak. 1999. Chemical composition, digestibility and metabolizable energy content of different fat and oil by-products. *Poultry Science*. 8: 263-271.

ANEXO A

Cuadro 20. Costo de los ingredientes utilizados para las dietas

Ingrediente	Costo \$ kg
Sorgo	3.5
Pasta de soya	5.8
Aceite acidulado T	12
Aceite acidulado Y	10
Aceite crudo de soya	14
Metionina	70
Treonina	30
CaCO ₃	1.5
Fosfato dicalcico	16
Premezcla vitamínica	75
Premezcla mineral	20
Pigmento	30
Sal	4.5

Anexo B

Cuadro 21. Resultados de la composición de ácidos grasos del huevo al inicio del experimento (día cero) (%)

AG	T1	T2	T3	T4	T5	T6
C16:0	23.36a	26.00a	25.37a	24.59a	25.50a	23.82a
C18:0	7.88a	9.49a	8.64a	8.55a	8.85a	8.66a
C16:1	2.74a	2.62a	2.86a	1.95a	2.98a	2.82a
C18:1	39.41a	39.94a	41.09a	39.03a	40.34a	41.00a
C18:2	16.84a	13.06a	12.20a	12.00a	11.98a	10.94a
C18:3	0.60a	0.68a	0.84a	0.66a	0.43a	0.45a
DHA	0.98a	1.05a	0.60a	0.95a	0.88a	0.89a

Valores con distinta letra en la misma columna son diferentes estadísticamente (p<0.05)

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

Cuadro 22. Resultados de la composición de ácidos grasos (%) del huevo después de alimentar a gallinas ponedoras con dos aceites acidulados de soya en la semana 4

AG	T1	T2	T3	T4	T5	T6
C16:0	25.74abc	24.59cd	26.15ab	24.82cd	26.53a	25.54abcd
C18:0	8.60a	8.78a	8.12a	8.40a	8.02a	7.96a
C16:1	2.85bcd	2.20e	3.21abc	2.50de	3.81a	3.33ab
C18:1	40.74abc	37.34abc	42.33abc	42.80abc	43.95ab	46.73a
C18:2	15.03b	19.51a	12.07d	13.62bc	10.11e	9.05ef
C18:3	0.77bc	1.17a	0.42d	0.79b	0.32d	0.25d
DHA	1.05ab	0.99abc	0.93abcd	1.12a	0.63cd	0.55cd

Valores con distinta letra en la misma columna son diferentes estadísticamente ($p < 0.05$)

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

Cuadro 23. Resultados de la composición de ácidos grasos (%) del huevo después de alimentar a gallinas ponedoras con dos aceites acidulados de soya en la semana 8

AG	T1	T2	T3	T4	T5	T6
C16:0	25.63ab	24.86b	25.72ab	25.04ab	26.63a	26.10ab
C18:0	8.15abc	8.62a	8.29ab	6.51c	8.02abc	8.21abc
C16:1	3.16bc	2.33de	3.03bcd	2.49cde	4.14a	3.46ab
C18:1	38.66e	36.99e	44.01abc	43.58abcd	44.60ab	45.65a
C18:2	15.20b	18.93a	11.59d	13.61c	8.84e	8.75e
C18:3	0.77bc	1.10a	0.52d	0.79b	0.23e	0.21e
DHA	1.01abc	1.26a	0.89abc	1.09ab	0.51e	0.47e

Valores con distinta letra en la misma columna son diferentes estadísticamente ($p < 0.05$)

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

Cuadro 24. Resultados de la composición de ácidos grasos (%) del huevo después de alimentar a gallinas ponedoras con dos aceites acidulados de soya en la semana 12

AG	T1	T2	T3	T4	T5	T6
C16:0	26.12ab	24.64c	25.68abc	28.28abc	26.53a	25.93abc
C18:0	8.56ab	9.03a	8.44abc	8.22abc	7.94bc	8.20abc
C16:1	2.85bcd	2.16e	3.11bc	2.38de	3.83a	3.33ab
C18:1	40.07cde	37.16e	43.52abc	42.62abcd	45.31ab	45.86a
C18:2	15.23b	19.15a	12.16cd	13.41c	9.15e	9.14e
C18:3	0.77b	1.13a	0.51d	0.74bc	0.21e	0.19e
DHA	0.86ab	0.12cde	0.11f	1.07a	0.49c	0.44cd

Valores con distinta letra en la misma columna son diferentes estadísticamente ($p < 0.05$)

T1, aceite crudo de soya al 2 %; T2, aceite crudo de soya al 4 %; T3, aceite acidulado de soya T al 2 %; T4, aceite acidulado de soya T al 4 %; T5, aceite acidulado de soya Y al 2 %; T6, aceite acidulado de soya Y al 4 %.

