	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 1 de 8

FECHA	martes, 6 de diciembre de 2016
--------------	--------------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

SEDE/SECCIONAL/EXTENSIÓN	Sede Fusagasugá
---------------------------------	-----------------

DOCUMENTO	Trabajo De Grado
------------------	------------------

FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
-----------------	------------------------

NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
---	----------


PROGRAMA ACADÉMICO	Zootecnia
---------------------------	-----------

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	NO. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Aguillón Páez	Yandy Johanna	1073605960

Director(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Romero Solórzano	Laura Alexandra

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 2 de 8

TÍTULO DEL DOCUMENTO
<p>EFFECTO DE ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS OMEGA 3 Y OMEGA 6 SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y DE CALIDAD DE HUEVO EN GALLINA PONEDORA</p>


SUBTITULO
(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO DE:
Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Proyecto de grado opción investigación, como requisito parcial para la obtención del título de Zootecnista


AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS (Opcional)
06/12/2016	58

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLES: (Usar como mínimo 6 descriptores)	
ESPAÑOLZ	INGLES
1. Ácidos grasos poliinsaturados	Polyunsaturated fatty acids
2. calidad del huevo	egg quality
3. gallina ponedora	laying hen
4.	
5.	
6.	

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLES: (Máximo 250 palabras – 1530 caracteres):
<p>RESUMEN: El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre parámetros productivos, de calidad y composición de ácidos grasos del huevo de gallinas ponedoras de la línea Babcock brown. 150 gallinas de 27 semanas de edad, fueron distribuidas al azar a una de las tres dietas experimentales, formuladas diferenciándose por la fuente lipídica utilizada, siendo los tratamientos: T1: Dieta control (dieta basal) sin inclusión de fuente lipídica; T2: Dieta basal con inclusión de 13.5% de la materia seca (MS) de semilla de linaza y; T3: Dieta con inclusión de 13.5% de la MS de semilla de girasol. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con</p>

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 3 de 8

tres tratamientos, diez replicas por tratamiento y 5 gallinas por replica. Fueron determinados parámetros de desempeño productivo; parámetros de calidad de huevo como grosor y resistencia de la cáscara, color de la yema, peso y tamaño del huevo, altura, diámetro e índice de la albumina, así como la composición de ácidos grasos de los huevos colectados para verificar el aumento de ácidos grasos poliinsaturados con la inclusión de fuentes lipídicas. Los huevos de las aves que recibieron el tratamiento con semillas de girasol presentaron un mayor nivel de ácidos grasos poliinsaturados en comparación con el tratamiento control. De igual forma, el tratamiento con semillas de girasol aumentó los niveles de omega 6 en el huevo en comparación con los demás tratamientos. La relación n-6:n-3 aumentó de 10.5 para el tratamiento control hasta 22.4 para el tratamiento con semillas de girasol y disminuyó hasta 2.20 para el tratamiento con semilla de linaza. Para los ácidos grasos poliinsaturados encontrados en la yema de huevo, los ácidos Linolénico (C18:3n-3) y sus radicales Docosapentaenoico (C22:5n-3) y Docosahexaenoico (C22:6n-3), aumentaron de forma significativa con el tratamiento con semilla de linaza. El ácido graso Eicosapentaenoico. (C20:5n-3) no fue detectado en la yema de huevos de los tratamientos control y de semilla de girasol, siendo únicamente encontrado en huevos del tratamiento con semilla de linaza. Referente al contenido de ácido Linoleico (C18:2n-6) en la yema del huevo, este aumentó significativamente en el tratamiento con semilla de girasol, cuando comparado con los demás tratamientos que no presentaron diferencias significativas entre sí. Para la composición de ácido araquidónico (C20:4n-6) en la yema de huevo fue observado un aumento de este ácido de un 18% para el tratamiento con semilla de girasol y una reducción de 35% para el tratamiento con semilla de linaza, cuando comparados con el tratamiento control. La inclusión de fuentes lipídicas de tipo insaturado en forma de semillas cuando comparadas con un tratamiento control, modificaron el perfil de ácidos grasos de huevos provenientes de gallinas de la línea Babcock Brown, aumentando su perfil en ácidos grasos insaturados sin afectar de forma negativa parámetros de calidad de huevo. **ABSTRACT:** The aim of this study was to evaluate the effect of polyunsaturated fatty acids omega 3 and omega 6 on productive performance, quality and fatty acid composition of egg laying hens of Babcock brown line. 150 hens 27 weeks old, were distributed randomly to one of three experimental diets formulated differentiated by the lipid source used, being the treatments: T1: control diet (basal diet) without including lipid source; T2: basal diet including 13.5% of DM flaxseed and; T3: Diet including 13.5% of DM sunflower seed. An experimental design completely randomized with three treatments, ten replicates per treatment and five hens per replicate was used. They were determined production performance parameters; quality parameters egg as thickness and shell strength, yolk color, weight and egg size, height, diameter and index of albumin, and the fatty acid composition of the eggs collected to verify the increase in acid polyunsaturated fatty including lipid sources. Eggs birds receiving

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 4 de 8

treatment with sunflower seeds had a higher level of polyunsaturated fatty acids in treatment compared to control. Similarly, treatment with sunflower seeds increased levels of omega-6 in the egg compared to the other treatments. The n-6: n-3 increased from 10.5 to 22.4 control treatment to treatment with sunflower seeds and decreased to 2.20 for treatment with flaxseed. For polyunsaturated fatty acids found in egg yolk, the Linolenic acid (C18:3 n-3) and its radical docosapentaenoic (C22:5 n-3) and docosahexaenoic acid (C22:6n-3) increased significantly with treatment with flaxseed. Eicosapentaenoic fatty acid (C20:5 n-3) was not detected in egg yolk control treatments and sunflower seed, being only found in eggs from treatment with flaxseed. Concerning the content of linoleic acid (C18:2 n-6) in the egg yolk, this increased significantly in the sunflower seed treatment, when compared to other treatments did not differ significantly from each other. For the composition of arachidonic acid (C20:4 n-6) in the egg yolk was observed an increase of this acid of 18% for treatment with sunflower seeds and a reduction of 35% for treatment with flaxseed, when compared to the control treatment. The inclusion of lipid sources type form unsaturated seed when compared with a control treatment, modified the fatty acid profile of eggs from hens Babcock Brown line, increasing its profile in unsaturated fatty acids without affecting negatively parameters egg quality.

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado un alianza, son:

Marque con una "x":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la Biblioteca.	X	
2. La consulta física o electrónica según corresponda.	X	


	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 5 de 8

3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.		X
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
6. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 6 de 8

patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:


Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI NO** . En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAr113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 7 de 8

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las “Condiciones de uso de estricto cumplimiento” de los recursos publicados en Repositorio Institucional, cuyo texto completo se puede consultar en biblioteca.unicundi.edu.co

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons : Atribución- No comercial- Compartir Igual.



	MACROPROCESO DE APOYO	CODIGO: AAAR113
	PROCESO GESTION APOYO ACADEMICO	VERSION:1
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	PAGINA: 8 de 8

j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. Titulo Trabajo de Grado o Documento.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. EFECTO DE ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS OMEGA 3 Y OMEGA 6 SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y DE CALIDAD DE HUEVO EN GALLINA PONEDORA.pdf	Texto
2. ARTICULO - EFECTO DE ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS OMEGA 3 Y OMEGA 6 SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y DE CALIDAD DE HUEVO EN GALLINA PONEDORA.pdf	Texto
3.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA
Aguillon Pérez Grady Johanna	Grady Aguillon

EFFECTO DE ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS OMEGA 3 Y OMEGA 6 SOBRE PARÁMETROS
PRODUCTIVOS Y DE CALIDAD DE HUEVO EN GALLINA PONEDORA

YANDY JOHANNA AGUILLÓN PÁEZ
CÓDIGO: 150-212-101

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
FUSAGASUGÁ
2016

**EFFECTO DE ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS OMEGA 3 Y OMEGA 6 SOBRE PARÁMETROS
PRODUCTIVOS Y DE CALIDAD DE HUEVO EN GALLINA PONEDORA**

Proyecto de grado opción investigación,
como requisito parcial para la obtención
del título de Zootecnista

YANDY JOHANNA AGUILLÓN PÁEZ
CÓDIGO: 150-212-101

DIRECTORA
LAURA ALEXANDRA ROMERO SOLÓRZANO
Zootecnista, MSc. en Nutrición y Producción Animal.
Doctoranda en Nutrición y Producción Animal

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
FUSAGASUGÁ
2016

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a Dios, a mis padres, mi hermana y mis dos primos. A Dios porque siempre ha estado conmigo a cada paso que doy, protegiéndome y llenándome de fuerza para continuar y nunca me ha soltado de su mano. A mis padres, quienes han estado siempre pendientes de mi bienestar y educación brindándome apoyo en todo instante. Confiando cada reto que se me presentaba sin poner en duda ni un solo minuto mi capacidad y conocimiento. A ellos les debo lo que soy hoy en día y lo que seré en el futuro. A mi hermana por ser mi amiga y apoyarme siempre.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por permitirme culminar esta etapa en mi vida, sin su infinito amor no habría sido posible realizarlo y sin sus bendiciones diarias.

A mis padres Gonzalo Aguillón y Luz marina Páez por el apoyo absoluto, por estar siempre ahí dándome animo sin en ningún momento desistir, por su amor, por su entrega, siempre llenándome de muchas fuerzas para salir adelante y convertirme en una profesional integra. A mi hermana, Lina, por ser mi mejor amiga, por ser mi compañera de grandes alegrías.

A mis dos primos Norbey y Lylla por su gran interés y ayuda durante el desarrollo del proyecto.

A la persona que estuvo guiando mi trabajo de grado todo este tiempo; a mi profesora Laura Alexandra Romero Solórzano por su consagración y energía, quien con sus conocimientos, su experiencia, paciencia y motivación ha logrado que ahora pueda con llegar con la cara en alto y terminar con éxito mi carrera, de ella aprendí que el persevera alcanza sin importar las miles de dificultades que se presenten.

También quiero agradecerle a cada uno de mis docentes que estuvieron durante toda mi etapa de universidad quienes han aportado lo necesario para mi formación profesional. A mis amigas y cómplices Paola Galeano y Lizyed Vega por brindarme esa bonita amistad durante mi estadía en la universidad y desde mi niñez y que será por muchos años más, a cada uno de mis compañeros colegas compinches Lucho, Rene, Andrés y mi pareja de baile Harol.

A mi prima Inés Rojas por estar siempre pendiente de cuanto necesitaba, a mi primo Iván por la ayuda en el transporte de los insumos a la finca. A cada una de las personas lindas de gran corazón que estuvieron desinteresadamente a mi lado desde el inicio del proyecto como fue la elaboración del galpón hasta el final del proyecto Hernando, Fredy, Mauricio, Antonio, Llanero, Carlos, a mi tío Darío a su esposa y a sus hijos Helber y Maritza, a mis padrinos Humberto Rojas y Myriam Vásquez a su hijo Cesar Rojas, mi tía Emma, a mi amigo Diego por su colaboración y ayuda en miles de desvares durante el proyecto.

A todos quienes han hecho parte de mi vida social y universitaria, les agradezco por su amistad, consejos, apoyo y compañía durante todo este tiempo.

A la universidad Nacional en especial al Dr. Gonzalo Díaz por la confianza que me ha brindado y sobre todo por compartir sus conocimientos conmigo y permitirme el ingreso al laboratorio de Toxicología para llevar acabo los análisis necesarios. Al equipo del Laboratorio de Nutriánálisis en especial al Ingeniero Carlos Belalcazar por su ayuda en el análisis de las dietas. Le agradezco a Eliana, delegada del laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad de Cundinamarca y a Milena Cepeda, delegada del Laboratorio de Toxicología de la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia por el apoyo que me brindaron en los análisis de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

Página

1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo general	14
2.2 Objetivos específicos	14
3. REVISIÓN DE LITERATURA	15
3.1 Ácidos grasos Insaturados	15
3.1.1 Estructura y clasificación	15
3.1.2 Fuentes de ácidos grasos	16
3.2 Formación del huevo	16
3.3 Estructura del huevo	18
3.4 Parámetros de calidad del huevo	19
3.4.1 Cáscara del huevo	20
3.4.2 Color de la cáscara de huevo	20
3.4.3 Resistencia de ruptura	21
3.4.4 Composición bromatológica del huevo	21
3.4.5 Color de la yema	21
3.4.6 Peso del huevo	22
3.4.7 Tamaño del huevo	22
3.4.8 Altura de la albúmina	22
3.5 Metabolismo de los lípidos en gallina ponedora	22
3.5.1 Metabolismo de los ácidos grasos poliinsaturados en huevo de gallina ponedora	22
3.5.2 Perfil lipídico del huevo de gallina ponedora	23
3.5.3 Relación omega 3:omega 6 en huevo de gallina ponedora	24
3.5.4 Estabilidad oxidativa y vida útil del huevo de gallina ponedora con adición de lípidos	24
3.5.5 Efecto de los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre calidad y valor nutritivo del huevo	25
3.6 Características de composición bromatológica y de perfil de ácidos grasos de la semilla de linaza	25
3.7 Características de composición bromatológica y de perfil de ácidos grasos de la semilla de girasol	26
4. MATERIAL Y MÉTODOS	27
4.1 Animales e instalaciones	27
4.2 Tratamientos y diseño experimental	27
4.3 Parámetros de evaluación	29
4.3.1 Análisis bromatológico de las dietas experimentales	29
4.3.2 Parámetros de desempeño productivo	29
4.3.3 Parámetros de calidad de huevo	30
4.3.4 Perfil de ácidos grasos en la yema de huevo	31
4.4 Análisis estadístico	32
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
5.1 Composición bromatológica de dietas experimentales y perfil de ácidos grasos de semillas	33
5.2 Parámetros de desempeño productivo	34
5.3 Parámetros de calidad de huevo	38

5.4 Composición de ácidos grasos del huevo	40
6.CONCLUSIONES.....	49
7. RECOMENDACIONES	50
8.BIBLIOGRAFÍA	51

LISTA DE TABLAS

Página

Tabla 1. Composición bromatológica del huevo.....	21
Tabla 2. Metabolismo de los ácidos grasos esenciales, elongación y desaturación de los AG ω -6 Y AG ω -3...	23
Tabla 3. Composición nutricional de un huevo (por 100g de huevo comestible).	24
Tabla 4. Composición bromatológica de la semilla de linaza.	25
Tabla 5. Ácidos grasos presentes en la semilla de linaza.....	26
Tabla 6. Composición bromatológica de la semilla de girasol.	26
Tabla 7. Ácidos grasos (g 100g ⁻¹) presentes en la semilla de girasol.	26
Tabla 8. Proporción de ingredientes de las dietas experimentales en porcentaje de la materia seca (%MS)...	28
Tabla 9. Composición bromatológica de las dietas experimentales.....	33
Tabla 10. Composición de ácidos grasos y lípidos totales de la semilla de girasol y semilla de linaza utilizadas en las dietas experimentales.....	34
Tabla 11. Efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre parámetros de desempeño productivo en gallinas ponedoras de la línea Babcock brown.....	35
Tabla 12. Efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre parámetros de calidad de huevo en gallinas ponedoras de la línea Babcock brown.....	38
Tabla 13. Efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre la composición total de ácidos grasos de la yema de huevo en gallinas ponedoras de la línea Babcock brown.....	41
Tabla 14. Efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre el perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados de la yema de huevo en gallinas ponedoras de la línea Babcock brown.....	44

LISTA DE IMAGENES

	Pagina
Figuras 1. Estructura química de los ácidos grasos omega-3 (AG ω 3).....	16
Figuras 2. Estructura química de los ácidos grasos omega-6 (AG ω 6).....	16
Figuras 3. Proceso de formación del huevo de la gallina.....	18
Figuras 4. Estructura del huevo.....	19
Figuras 5. Estructura de la cáscara del huevo.....	20
Figuras 6. Esquema de manejo experimental.....	28

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre parámetros productivos, de calidad y composición de ácidos grasos del huevo de gallinas ponedoras de la línea Babcock brown. 150 gallinas de 27 semanas de edad, fueron distribuidas al azar a una de las tres dietas experimentales, formuladas diferenciándose por la fuente lipídica utilizada, siendo los tratamientos: T1: Dieta control (dieta basal) sin inclusión de fuente lipídica; T2: Dieta basal con inclusión de 13.5% de la materia seca (MS) de semilla de linaza y; T3: Dieta con inclusión de 13.5% de la MS de semilla de girasol. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos, diez replicas por tratamiento y 5 gallinas por replica. Fueron determinados parámetros de desempeño productivo como consumo de materia seca, producción de huevo, conversión alimenticia y masa del huevo; parámetros de calidad de huevo como grosor y resistencia de la cáscara, color de la yema, peso y tamaño del huevo, altura, diámetro e índice de la albumina, así como la composición de ácidos grasos de los huevos colectados para verificar el aumento de ácidos grasos poliinsaturados con la inclusión de fuentes lipídicas. La producción total de huevo, así como la docena producida y el porcentaje de postura, fueron disminuidos significativamente ($p < 0.05$) cuando las aves recibieron el tratamiento con semilla de girasol en comparación con el tratamiento control que presentó los valores más altos. Los parámetros de calidad de huevo no fueron afectados de forma significativa por ninguno de los tratamientos. El tratamiento control presentó mayores niveles de ácidos grasos saturados en comparación con los tratamientos que tuvieron inclusión lipídica. Los huevos de las aves que recibieron el tratamiento con semillas de girasol presentaron un mayor nivel de ácidos grasos poliinsaturados en comparación con el tratamiento control. De igual forma, el tratamiento con semillas de girasol aumentó los niveles de omega 6 en el huevo en comparación con los demás tratamientos. La relación n-6:n-3 aumentó de 10.5 para el tratamiento control hasta 22.4 para el tratamiento con semillas de girasol y disminuyó hasta 2.20 para el tratamiento con semilla de linaza. Para los ácidos grasos poliinsaturados encontrados en la yema de huevo, los ácidos Linolénico (C18:3n-3) y sus radicales Docosapentaenoico (C22:5n-3) y Docosahexaenoico (C22:6n-3), aumentaron de forma significativa con el tratamiento con semilla de linaza. El ácido graso Eicosapentaenoico. (C20:5n-3) no fue detectado en la yema de huevos de los tratamientos control y de semilla de girasol, siendo únicamente encontrado en huevos del tratamiento con semilla de linaza. Referente al contenido de ácido Linoleico (C18:2n-6) en la yema del huevo, este aumentó significativamente en el tratamiento con semilla de girasol, cuando comparado con los demás tratamientos que no presentaron diferencias significativas entre sí. Para la composición de ácido araquidónico (C20:4n-6) en la yema de huevo fue observado un aumento de este ácido de un 18% para el tratamiento con semilla de girasol y una reducción de 35% para el tratamiento con semilla de linaza, cuando comparados con el tratamiento control. La inclusión de fuentes lipídicas de tipo insaturado en forma de semillas cuando comparadas con un tratamiento control, modificaron el perfil de ácidos grasos de huevos provenientes de gallinas de la línea Babcock Brown, aumentando su perfil en ácidos grasos insaturados sin afectar de forma negativa parámetros de calidad de huevo.

Palabras claves: Ácidos grasos poliinsaturados; calidad del huevo; gallina ponedora.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of polyunsaturated fatty acids omega 3 and omega 6 on productive performance, quality and fatty acid composition of egg laying hens of Babcock brown line. 150 hens 27 weeks old, were distributed randomly to one of three experimental diets formulated differentiated by the lipid source used, being the treatments: T1: control diet (basal diet) without including lipid source; T2: basal diet including 13.5% of DM flaxseed and; T3: Diet including 13.5% of DM sunflower seed. An experimental design completely randomized with three treatments, ten replicates per treatment and five hens per replicate was used. They were determined production performance parameters such as dry matter intake, egg production, feed conversion and egg mass; quality parameters egg as thickness and shell strength, yolk color, weight and egg size, height, diameter and index of albumin, and the fatty acid composition of the eggs collected to verify the increase in acid polyunsaturated fatty including lipid sources. Total egg production and the dozen produced and the percentage of posture, were decreased significantly ($p < 0.05$) when the birds received treatment with sunflower seed compared to the control treatment had the highest values. The egg quality parameters were not significantly affected by any of the treatments. Control treatment had higher levels of saturated fatty acids compared with treatments had lipid inclusion. Eggs birds receiving treatment with sunflower seeds had a higher level of polyunsaturated fatty acids in treatment compared to control. Similarly, treatment with sunflower seeds increased levels of omega-6 in the egg compared to the other treatments. The n-6: n-3 increased from 10.5 to 22.4 control treatment to treatment with sunflower seeds and decreased to 2.20 for treatment with flaxseed. For polyunsaturated fatty acids found in egg yolk, the Linolenic acid (C18:3 n-3) and its radical docosapentaenoic (C22:5 n-3) and docosahexaenoic acid (C22:6n-3) increased significantly with treatment with flaxseed. Eicosapentaenoic fatty acid (C20:5 n-3) was not detected in egg yolk control treatments and sunflower seed, being only found in eggs from treatment with flaxseed. Concerning the content of linoleic acid (C18:2 n-6) in the egg yolk, this increased significantly in the sunflower seed treatment, when compared to other treatments did not differ significantly from each other. For the composition of arachidonic acid (C20:4 n-6) in the egg yolk was observed an increase of this acid of 18% for treatment with sunflower seeds and a reduction of 35% for treatment with flaxseed, when compared to the control treatment. The inclusion of lipid sources type form unsaturated seed when compared with a control treatment, modified the fatty acid profile of eggs from hens Babcock Brown line, increasing its profile in unsaturated fatty acids without affecting negatively parameters egg quality.

Keywords: Polyunsaturated fatty acids; egg quality; laying hen.

1. INTRODUCCIÓN

Con la inclusión de dietas ricas en ácidos grasos poliinsaturados (PUFAS) es posible enriquecer huevos de aves ponedoras aumentando los PUFAS, generando un valor agregado al producto final y de esta manera, aportando un mejor perfil de ácidos grasos en la dieta humana. La semilla de linaza (*Linum usitatissimum L*) es considerada una de las mejores fuentes en ácidos grasos omega 3 siendo el ácido α - linolénico (ALA) el de mayor presencia (Lenzi et al., 2011). Por el contrario, las semilla de girasol (*Helianthus annus L*) se considera rica en energía y una fuente directa de ácido graso omega 6, principalmente, ácido linoléico (AL) y bajos niveles de ácidos grasos saturados (Tsuzuki et al., 2003).

Existen explotaciones que se basan en un sistema de alimentación no adecuado, el cual hace que se aumenten los excesos de ácidos grasos saturados en el producto final. Colombia se caracteriza por ser un país que maneja un tipo de alimentación convencional en las producciones avícolas, sin la adición de materias primas que ejerzan un efecto en la calidad del producto final a obtener. Además, en su mayoría, su enfoque productivo es en masa y no por calidad. Actualmente, es fundamental ofrecer beneficios al ser humano por medio de los alimentos, por lo cual, es necesario estudiar el efecto nutritivo que los productos le brindan al hombre, al igual que buscar características agregadas que le brindan beneficios a la salud. La composición nutritiva del huevo y las posibilidades de modificar dicha composición a través de la nutrición animal y convertirlo en un producto funcional con un valor agregado, como la presencia de ácidos grasos poliinsaturados, se correlaciona negativamente con diabetes, artritis, reumatoide, cáncer, trastornos mentales y fallas en el sistema inmune. Por otro lado, cabe resaltar que la deficiencia de los ácidos grasos poliinsaturados, como linoléico y α - linolénico, en la dieta, produce expresiones iniciales como sequedad de la piel, seguidas de daños más significativos. En el área de la nutrición, ha surgido la idea de incorporar ácidos grasos poliinsaturados en la dieta humana, utilizando como vehículo el huevo de gallinas alimentadas con fuentes de omega 3 y omega 6. Esto se logra, adicionando en la dieta de gallinas ponedoras fuentes lipídicas tales como, aceites de pescado, semillas de linaza y de girasol, que son capaces de replicar en el huevo su perfil de ácido graso poliinsaturado.

El interés sobre la relación entre la dieta y la salud de las personas, proporcionan oportunidades para la producción y mercado de huevos con valor agregado o modificados, por los cuales el consumidor podría pagar un costo adicional (Betancourt y Díaz, 2009). De acuerdo a lo anterior, como hipótesis científica se propone que la inclusión de fuentes lipídicas de tipo insaturado cuando comparadas con un tratamiento control, tendrán la capacidad de modificar el perfil de ácidos grasos de huevos provenientes de gallinas de la línea Babcock Brown, aumentando de esta forma, su perfil en ácidos grasos insaturados, así como, mejorando parámetros productivos y de calidad. Siendo así, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre parámetros productivos y de calidad de huevo en gallina ponedora.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre parámetros productivos y de calidad de huevo en gallina ponedora.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la composición bromatológica de cada una de las dietas experimentales y el perfil de ácidos grasos de las semillas.
- Determinar parámetros de desempeño productivo como consumo de materia seca, producción de huevo, conversión alimenticia y masa del huevo en aves alimentadas con fuentes lipídicas insaturadas.
- Comparar el efecto de fuentes lipídicas en gallina ponedora sobre parámetros de calidad de huevo (grosor y resistencia de la cáscara, color de la yema, peso y tamaño del huevo, altura, diámetro e índice de la albumina).
- Analizar el perfil de ácidos grasos del huevo proveniente de aves suplementadas con fuentes lipídicas insaturadas.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Ácidos grasos Insaturados

Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) son componentes dietarios que hacen parte de variados procesos fisiológicos, donde cumplen un rol estructural en los fosfolípidos de las membranas celulares y son sustratos para la síntesis de diversos mediadores fisiológicos. Dentro de los AGPI se encuentran dos grupos principales; los ácidos grasos omega-3 (ω -3) y omega-6 (ω -6), los cuales son ácidos grasos esenciales (AGE) para el ser humano debido a que se carece de la maquinaria enzimática necesaria para biosintetizarlos (Burr y Burr 1930). El primero de los ácidos grasos omega-3 es el ácido α -linolénico (C18:3) el cual vía elongasas y desaturasas se puede convertir en el ácido eicosapentaenoico (C20:5, EPA) y consecutivamente en el ácido docosahexaenoico (C22:6, DHA). El primero de los ácidos grasos ω -6 es el ácido linoléico (C18:2) y uno de sus derivados más importantes es el ácido araquidónico (Valenzuela, et al., 2011).

3.1.1 Estructura y clasificación

Los ácidos grasos son cadenas de hidrocarburos rectas que terminan en un grupo carboxilo en un extremo y un metilo en otro. Estos componentes se pueden clasificar de acuerdo al grado de saturación de la siguiente manera: a). Saturados: cuando no tienen dobles ligaduras en la cadena carbonada; b). Monoinsaturados: Solo contiene un doble enlace; c). Poliinsaturados: contiene dos o más dobles enlaces (Castillo, 2004). Dentro del grupo de los saturados se encuentran los siguientes ácidos Butírico (C₄:0), Caproico (C₆:0), Caprílico (C₈:0), Cáprico (C₁₀:0), Láurico (C₁₂:0), Mirístico (C₁₄:0), Palmítico (C₁₆:0), Esteárico (C₁₈:0), Araquico (C₂₀:0), Behénico (C₂₂:0), y Lignocérico (C₂₄:0). En cuanto al grupo de los Insaturados, estos se dividen en Monoinsaturados como el Palmitoléico (C₁₆:1), Oleico (C₁₈:1), Gadoléico (C₂₀:1), Erúcico (C₂₂:1) y poliinsaturados, en lo que se encuentran el omega 6 linoléico (LA C₁₈:2)_{n-6}, y araquidónico (AA C₂₀:4)_{n-6}, así como los omega 3 α -linolénico (ALA C₁₈:3)_{n-3}, EPA (C₂₀:5)_{n-3} y DHA (C₂₂: 6)_{n-3} (Castillo, 2004; Durán et al., 2014). Los dobles enlaces por lo general tienen configuración "cis" y se encuentran conjugados dentro de la cadena y frecuentemente aislados por un grupo metileno, -CH₂. Las figuras 1 y 2, muestra la estructura química de los ácidos grasos omega 3 y 6.

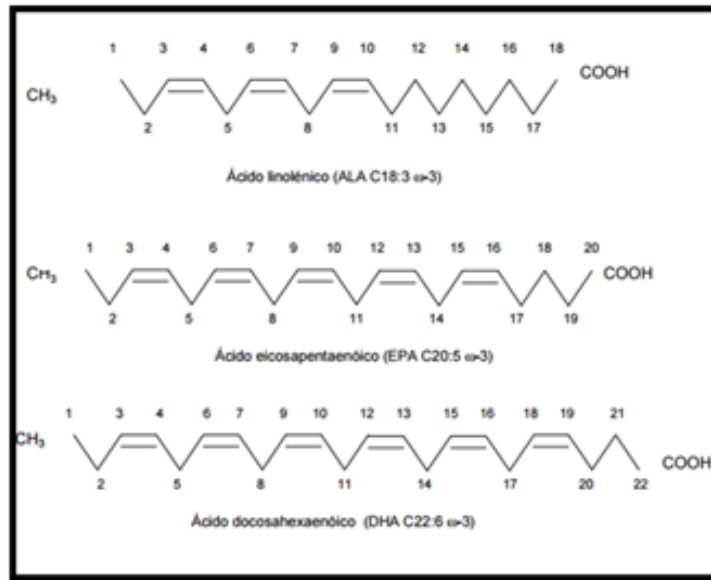


Figura 1. Estructura química de los ácidos grasos omega-3 (AG ω 3) (Castillo, 2004).

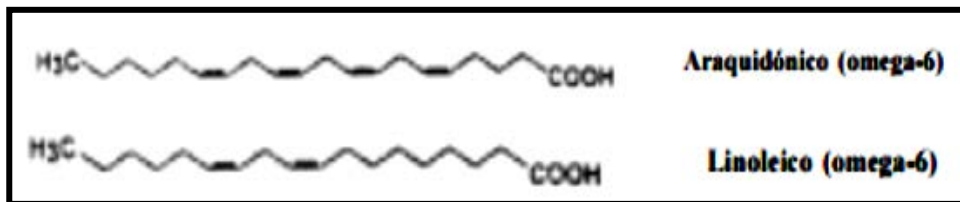


Figura 2. Estructura química de los ácidos grasos omega-6 (AG ω 6) (Coronado, et al., 2006).

3.1.2 Fuentes de ácidos grasos

Dentro de las fuentes de ácidos grasos, el EPA y el DHA se encuentran especialmente en las algas marinas y particularmente en peces con un contenido elevado de grasa como es el caso del jurel, salmón, atún entre otros. El LA es abundante en la mayoría de las semillas de plantas como el frijol de soya, cacahuate, algodón, maíz y en el de girasol. El ALA se encuentra en los vegetales de hojas verdes y el aceite de linaza. El AA está presente principalmente en el cacahuate y es elemento importante en los fosfolípidos de animales suplementados con granos. El DHA y EPA al igual que el AA son importantes componentes estructurales de los fosfolípidos de las membranas y son el sustrato para la formación de una serie de derivados lipídicos llamados eicosanoides (derivados de 20 átomos de carbono en el caso del AA y EPA) y docosanoides (derivados de 22 átomos de carbono, en el caso del DHA), los cuales ejercen importantes acciones en el metabolismo celular (Valenzuela, et al., 2011).

3.2 Formación del huevo

El huevo se va formando progresivamente a lo largo de 24 a 26 horas (Figura 3), durante estas horas los componentes necesarios van a ser sintetizados o transportados hasta el lugar de formación y deben

disponerse en la secuencia, cantidad y orientación adecuada para que el huevo producido sea correcto. Cualquier cambio durante el proceso dará lugar a anomalías y, por consiguiente, pérdidas en la calidad del huevo (Barroeta, 2013). En el ovario se produce el crecimiento folicular, la formación, pigmentación de la yema y la ovulación. En el oviducto se captura la yema y se produce la formación de la clara, las chalazas, las fánfanos, la cascara, su pigmentación y por fin, tiene lugar a la ovoposición. El movimiento que se realiza durante todo el conducto, se produce gracias a la musculatura lisa, la cual hace que se produzcan unas ondas peristálticas, parecidas a las que se producen en el intestino del humano. Con un periodo de luz clásico, de 8 horas de oscuridad y 16 horas de luz, la gallina pone un huevo al día durante los primeros días, esto sucede de 8 a 10 días, pero después la puesta se va retrasando porque tarda en formarlos más de las 24 horas del día (Barroeta, 2013).

La gallina posee dos gónadas, una izquierda y una derecha, pero durante el desarrollo del ave, la gónada derecha se atrofia y por consiguiente la izquierda es la que funciona. En el ovario se encuentran 200.000 folículos portadores de óvulos, muchos más de los que la gallina podría necesitar si pusiera un huevo diariamente. Estos folículos se encuentran con un grado variable de maduración. El material de la yema se forma en el hígado y se va acumulando en el interior de los folículos. Cuando la yema está madura el folículo se abre y la yema cae al oviducto. Este conducto consta de cinco partes: infundíbulo, magno, istmo, útero y vagina. El infundíbulo tiene una longitud de 8 cm y recoge la yema. En él se termina de formar la capa que recubre la yema o membrana vitelina. Este proceso tiene una duración de unos 15 minutos (Campos, 2010). Un infundíbulo defectuoso o enfermo puede ser la causa de una elevada incidencia de puesta interna. El infundíbulo es también la región en que se produce la fertilización del ovulo por el esperma masculino (Rose, 1997).

Referente al istmo, este tiene 10 cm y en él se forman unas fibras de proteínas (queratina) que se van disponiendo sobre la albúmina ya formada. Estas fibras de proteínas se van entrelazando hasta formar las membranas que se encuentran bajo la cáscara, aunque el huevo aún no haya adquirido su volumen final (Campos, 2010). En el istmo también puede producirse una pequeña cantidad de clara (Rose, 1997). Por otro lado, el útero es ancho y tiene 122 cm de longitud. Aquí se produce un agrandamiento del huevo por adición de agua al que acompañan diferentes minerales (Sodio, potasio y bicarbonato) y el aumento del volumen hace que se pongan turgentes las membranas de la cáscara y tiendan a juntarse. Posteriormente, se produce la estratificación de la albúmina según sea su densidad. El huevo sufre una torsión, que hace que fibras del albumen más denso se enrollen y formen las chalazas. También se depositan, sobre la membrana más externa, las sales minerales que formarán la cáscara y la secreción del pigmento del cascarón. En este tramo el huevo tarda en hacer el recorrido unas 20 horas y la pigmentación de la cáscara se produce en las dos últimas horas de su estancia en él.

La calcificación del huevo es un proceso que ocurre por lo general en la noche, por lo que el calcio aportado para ello proviene de los huesos del ave y no de la dieta (Campos, 2010). Antes que el huevo salga del útero, la cáscara se recubre de una sustancia líquida llamada porfirina, la cual proporciona la coloración castaña en algunos huevos (Rose, 1997). Por otro lado, la cutícula, actúa de lubricante facilitando la salida del huevo y

taponan los poros evitando posibles contaminaciones desde el exterior. Al poco tiempo de la expulsión, la cutícula se seca. La vagina es un órgano musculoso y ayuda en la expulsión del huevo. En la vagina el huevo gira 180° y se posiciona con el polo más ancho hacia delante. La apertura de la vagina y la de las heces confluyen en la cloaca aunque ambos productos no suelen expulsarse al mismo tiempo. Cabe mencionar que las gallinas ponen huevo estén o no fecundados (Campos, 2010), siendo una condición fisiológica normal.

Parte Anatómica (cm)		Funciones	Tiempo	
Ovario	7		Foliculos	Formación de gametos
			Depósito de yema	10 días
Oviducto	9	Infundibulo	Fecundación M. Vitelinas	20m
	33	Magno	Depósito Albumen	3h30m
	10	Istmo	Membranas testáceas	1h15m
	10	Útero	Hidratación Albumen Formación cáscara	21h
	10	Vagina Cloaca	Ovoposición	1h30m

De 24 a 26 horas

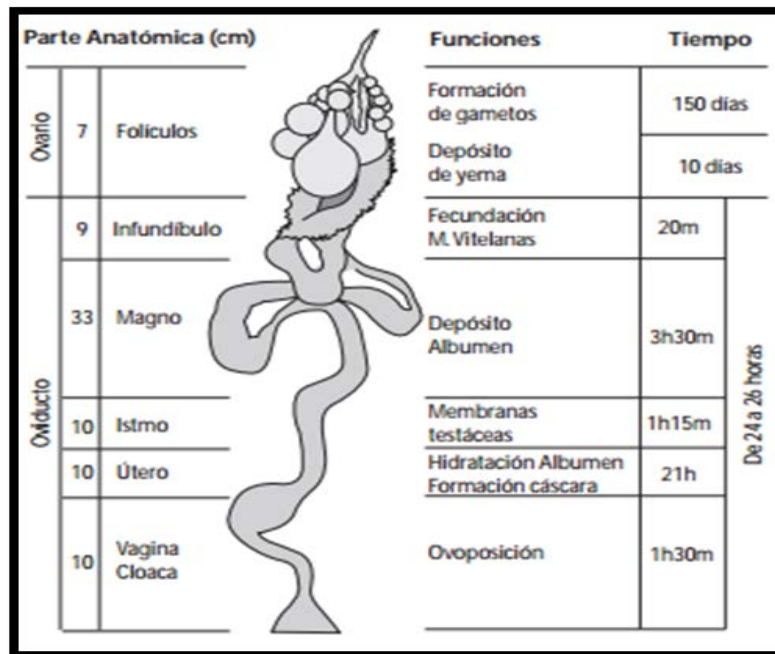


Figura 3. Proceso de formación del huevo de la gallina (Campos, 2010).

3.3 Estructura del huevo

Un huevo contiene principalmente, una yema central rodeada de una clara o albumen y todo ello encerrado por una cáscara externa que lo resguarda. Aunque existen diferenciaciones en el huevo debido a distintos elementos como nutrición, edad, estirpe, etc., las proporciones medias de estos componentes son 58% para el albumen, 11% cáscara y un 31% para la yema. La yema está delimitada por una membrana transparente, la membrana vitelina constituida por cuatro capas, las dos más externas sintetizadas en el oviducto y dos de origen ovárico. En la superficie de la yema se encuentra el disco germinal en donde se da la división de las células embrionarias cuando el huevo está fecundado (Barroeta, 2013). La yema consiste en una suspensión de partículas en una solución de proteína. La livetina, es una proteína rica en aminoácidos sulfurados, es el principal componente de la solución proteica. La vitelina es una proteína que contiene fósforo y es la principal proteína de las partículas en suspensión. Una buena parte de la vitelina forma complejos con lípidos para construir lipovitelinas. Por otro lado, la fosvitina es una fosfoproteína no lipídica que también se encuentra presente en la yema (Rose, 1997).

El albumen primeramente presenta cuatro zonas diferenciadas en un huevo (Figura 4), siendo estas: 1) Densa interna (1g; 3%) dispuesta en forma de filamentos que van desde la yema hasta los dos extremos del huevo constituyendo las chalazas que son las responsables de asegurar la suspensión de la yema en el centro del huevo; 2) Interna fluida (6 g) que conforma el 17% del total del albumen; 3) Densa externa, (20 g; 57%) masa gelatinosa que rodea la anterior y se extiende a ambos extremos del huevo y; 4) Fluida externa, la cual representa un 23% del total de la clara (8 g), está en contacto con las membranas testáceas y se visualiza al abrir el huevo. Otra característica a mencionar es la cámara de aire que se forma en las orillas del huevo, con las membranas inmediatamente pegadas a la cáscara, mientras se enfría el huevo luego de la ovoposición. Se localiza en el polo obtuso o ancho del huevo. Es respectivamente pequeña en el huevo recién puesto (3mm) y aumenta de profundidad a medida que pasa el tiempo. Por tal motivo interviene de manera importante para determinar la calidad del huevo, entre más pequeña sea la cámara de aire, es más fresco el huevo (Barroeta, 2013).

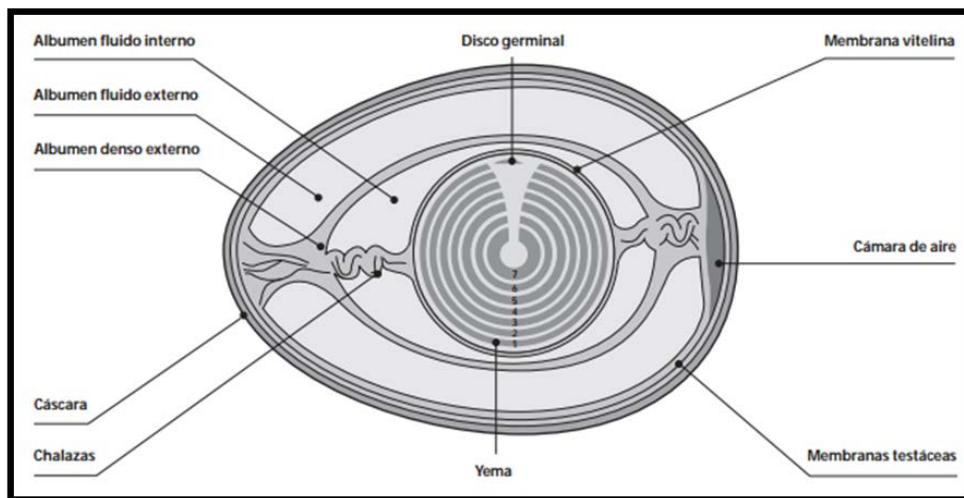


Figura 4. Estructura del huevo (Barroeta, 2013).

3.4 Parámetros de calidad del huevo

El Propósito de la producción de huevos es obtener el máximo rendimiento de las gallinas, al mínimo costo pero sin descuidar la calidad. El huevo es uno de los alimentos más completos por las equilibradas porciones de proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales y vitaminas que contiene (Astiasaran y Martínez, 2003; Caravaca et al., 2003). Cuando se estudia la calidad de un huevo se pueden abarcar las siguientes características: a) Nutritivas, relacionadas con la composición en proteínas, vitaminas, ente otras; b) Organolépticas o sensoriales, percibidas por los sentidos y c) Sanitarias, lo cual hace referencia tanto a la carencia de sustancias no autorizadas (pesticidas, antibióticos, antiparasitarios, etc.) como la posible alteración del huevo por envejecimiento o por microorganismos (agentes patógenos como las salmonellas o agentes que provoquen la aparición de olores y sabores desagradable) que pueden atravesar las barreras si existen vías de entrada (huevos rajados, lavados, etcétera) (Caravaca et al., 2003).

Los parámetros que se deben tener en cuenta al momento de hacer un análisis de la calidad del huevo son los siguientes: a) Calidad del albumen; b) Calidad de la yema; c) Calidad de la cáscara; d) Peso y e) Cámara de aire. Estos parámetros se explican a continuación:

3.4.1 Cáscara del huevo. Se compone de carbonato de calcio y fibras proteicas (Complejo de proteína - mucopolisacáridos) y en menor medida, de fosfatos y carbonato de magnesio. En la capa externa hay una cutícula proteica muy delgada (Figura 5) que cubre toda la superficie; a continuación existe una capa proteico-mineral esponjosa, que acaba con unas protuberancias a las que se fijan las membranas interiores de la cáscara. La matriz de la cáscara está atravesada de fuera hacia dentro de miles de poros o canales (7000-17000 por unidad), llenos de fibras proteicas que no permiten pasar los microorganismos, aunque si son permeables en el aire (Astiasaran y Martínez, 2003).

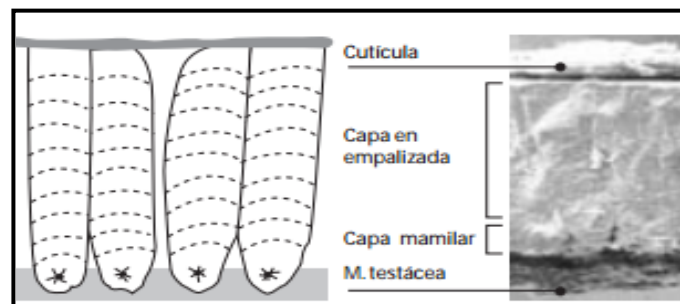


Figura 5. Estructura de la cáscara del huevo (Barroeta, 2013).

Las membranas testáceas (interna y externa, representan un 3%) están formadas por un entramado de fibras constituidas por un núcleo proteico rodeado por una cubierta hidrocarbonada. Ambas membranas están fuertemente adheridas excepto en la zona de la cámara de aire, cuyo volumen aumenta en función del tiempo y condiciones de almacenamiento. Además de que las dos ejercen un papel protector de la contaminación microbiana, la membrana externa tiene la función de soporte de la verdadera estructura cristalina que se constituye como cáscara (Barroeta, 2013). Referente a *la capa mamilar* está constituida por núcleos o conos anclados a las fibras de la membrana testácea externa y sobre los que se realiza la calcificación. También se encuentra *la capa en empalizada* constituida por las columnas de carbonato cálcico que se van formando y entrelazando; *la Capa de cristales verticales*, donde la cristalización cambia de dirección y por último *la cutícula* la cual cubre los poros y le da el aspecto brillante (Barroeta, 2013).

3.4.2 Color de la cáscara de huevo. Este parámetro depende de la raza o estirpe manejada mas no depende de la alimentación. La mayor o menor intensidad en el color depende de la estirpe, con su capacidad de producir huevos con una determinada intensidad, calidad y uniformidad de color. El color de la cáscara se puede alterar por procesos patológicos que producen inflamaciones en las últimas porciones del oviducto que alteran la capacidad de este órgano para aportar pigmentos y colorear la cáscara. Las edades de las aves también influyen, debilitándose progresivamente el color al final del ciclo productivo (Buxadé et al., 1995).

3.4.3 Resistencia de ruptura. Cuando se analiza la cáscara hay que tener en cuenta que se deteriora con la edad de las aves y con el tamaño mayor del huevo (Buxadé, et al., 1995). La resistencia de la cascara disminuye cuando se interrumpe la formación de la capa en empalizada y especialmente, la capa de conos. Los conos que son compactos con un pequeño diámetro en relación con la altura de la capa en empalizada determinan que la cascara disponga de una elevada resistencia a la ruptura (Rose, 1997).

3.4.4 Composición bromatológica del huevo. En cuanto al **contenido proteico** del huevo, este se encuentra en una proporción de 6g. El albumen es una solución acuosa con un porcentaje del 88% y con una porción proteica del 11%. De las proteínas más destacadas en la clara, se distingue la ovomucina (11%) y ovoalbúmina (54%) responsables de la estabilidad del albumen, la lisozima (3,4%) por su capacidad antibacteriana. Un 16% se encuentra en la yema. La composición proteica del huevo sobresale por su de alto valor biológico, debido a que contiene todos los aminoácidos esenciales y en una proporción adecuada (Fernández y Lobato, 2009). En cuanto al **Contenido mineral**, una amplia variedad de minerales se encuentran en la clara y en la yema, enfatizando la contribución del consumo diario de, hierro (10,5 %) selenio (9,7), zinc (4,7 %) y calcio (3,9 %). De igual forma, es relevante la riqueza en selenio, puesto que está bien establecida su tarea frente al estrés oxidativo. Está demostrado que la composición del huevo puede modificarse debido a distintos elementos como la genética la alimentación y la edad de las gallinas (Fernández y Lobato, 2009). La tabla 1, muestra la composición bromatológica del huevo y cada uno de sus componentes, conforme indicado por Barroeta (2013).

Tabla 1. Composición bromatológica del huevo.

	Cascara (%) (membranas)	Albumen (%)	Yema (%)	Huevo entero (%) (sin cascara)
Agua	1.5	88.5	49.0	73.6
Proteína	4.2	10.5	16.7	12.6
Lípidos	-	-	31.6	11.8

Adaptado de Barroeta (2013).

3.4.5 Color de la yema. El color de la yema puede medirse con colorímetros, análisis este, que da una estimativa de la calidad nutricional del ave ponedora. En la mayoría de los casos, el consumidor relaciona instintivamente el contenido nutritivo elevado con la coloración oscura de la yema. Esta idea es errónea, pues de hecho no existe relación alguna entre el color de la yema y el contenido de sustancias nutritivas (Santana, 2008). Por otro lado, las manchas de color marrón o rojizo que a veces aparecen en el interior del huevo no deben confundirse con el desarrollo embrionario, sino que son simplemente células epiteliales procedentes del oviducto que se han desprendido al formarse el huevo. En algunas ocasiones puede presentarse un accidente fisiológico en las aves en su inicio de postura, motivo por el cual, pueden salir huevos con dos yemas. Esto se da porque la gallina en una misma ovulación genera dos óvulos en lugar de uno, lo que se considera un proceso normal (Mercadé, 2010). El color de la yema está completamente determinado por los tipos y las cantidades de pigmento, ya sean naturales o sintéticos, presentes en el alimento y en la capacidad del ave para absorber y asimilar estos pigmentos (Santana, 2008).

3.4.6 Peso del huevo. El peso del huevo producido por aves ponedoras aumenta rápidamente y después cambia lentamente hacia un peso constante según envejecen las aves (Rose, 1997). Los principales factores que influyen en el peso del huevo son: 1) Genética; 2) Peso de las aves y; 3) Cambios en la alimentación (Buxadé et al., 2000).

3.4.7 Tamaño del huevo. El tamaño del huevo varía según la raza o la edad de la gallina, en el caso de la gallina ponedora, se consideran adecuados aquellos huevos con pesos entre 52 y 66 g. Los huevos más pequeños o más grandes no son convenientes en condiciones normales de incubación, y de ser necesario incubarlos, no deben colocarse en la mismas bandejas en que van los huevos de tamaño normal, sino en bandejas separadas y clasificados por similar tamaño (Vaca, 2003).

3.4.8 Altura de la albúmina. La calidad más apreciada del albumen es su consistencia para evaluarla se necesitan dos métodos: 1) Las unidades de Haugh y 2) El índice de albumen. Principalmente el método de las unidades de Haugh se basa en que la altura de la clara densa es un indicador de la proporción de la misma respecto al contenido total del huevo y su consistencia. Sin embargo, para poder medir los valores de esta altura, es necesario buscar una norma de uniformización en función al tamaño del huevo. Dentro de los factores de calidad en el albumen se encuentran: a). Las clara fluidas; b). Las manchas de sangre y carne; c). Partes de la mucosa del oviducto y; d). Coloraciones extrañas, conforme mencionado por (Buxadé et al., 2000).

3.5 Metabolismo de los lípidos en gallina ponedora

El metabolismo de lípidos en gallina ponedora, se basa en un proceso en el que los ácidos grasos son transformados en energía para la producción de huevo y depósito de grasa corporal. Los ácidos grasos LA y ALA son ácidos grasos esenciales para las aves. Una vez ingeridos, estos ácidos grasos son elaidinizados por la acción de la enzima acetil-CoA-ligasa que se encuentra ubicada en las células de la mucosa intestinal del retículo endoplásmico. Estos esteres elaidinizados, se desplazan hacia el aparato de Golgi, donde el colesterol, las proteínas y los fosfolípidos son incrementados formando lipoproteínas. Las lipoproteínas sintetizadas en las células del intestino, se llaman portamicrones debido a que son traídas a través de la vena porta hasta el hígado. Una vez sintetizados, los triglicéridos son agregados a las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) estas lipoproteínas son muy importantes en gallinas ponedoras puesto que son el vehículo de transporte de las grasas entre el hígado y los tejidos extrahepáticos con el ovario, donde son aprovechadas para la formación de la yema del huevo. La insuficiencias de LA provocan una tasa baja de crecimiento y depósito de grasa en el hígado; un síntoma de deficiencia crónica es la susceptibilidad a las infecciones; respecto a la reproducción afecta la espermatogénesis en los machos y disminuye la producción de huevo en las hembras (Castillo, 2004).

3.5.1 Metabolismo de los ácidos grasos poliinsaturados en huevo de gallina ponedora

Los ácidos grasos que proceden de la dieta entran a los enterocitos mediante una proteína que lleva ácidos grasos situada en la pared intestinal. Los ácidos grasos con más de 14 carbonos, como es el caso del LA y ALA, se elaidinizan para formar triacilgliceroles dentro del enterocito y van a la circulación sanguínea a través

de la vía linfática en forma de quilomicrones. La enzima lipoproteína lipasa (LPL), que se encuentra en la pared interna de los capilares sanguíneos hidroliza los triacilgliceroles presentes en las lipoproteínas de los quilomicrones liberando ácidos grasos incluyendo AGPI. Los AGPI libres se incorporan en los triacilgliceroles del tejido adiposo e inhiben la expresión génica de enzimas involucradas en la lipogénesis (Rodríguez et al., 2005). Las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) del plasma se incorporan a los ovocitos por endocitosis mediada por receptores específicos de la membrana celular. Para que estas lipoproteínas de la yema se sinteticen en el hígado, se precisa la acción de los estrógenos sexuales. Al comienzo de la puesta se incrementa el peso y contenido lipídico del hígado, así como la concentración lipídica en sangre como consecuencia de la acumulación de lipoproteínas de muy baja densidad ricas en triglicéridos. El ovario no está involucrado en ningún aspecto del metabolismo de los AG, excepto en la transferencia de lípidos del plasma a la yema. Por lo tanto, la transferencia es directa y la composición de AG es similar. Debido al proceso de formación, la composición de los lípidos de la yema depende en gran parte de la composición de la ración; pudiendo de esta manera modificar la composición lipídica de la yema, a través de la manipulación de la alimentación de las aves (Antruejo, 2010).

Tabla 2. Metabolismo de los ácidos grasos esenciales, elongación y desaturación de los AG ω -6 Y AG ω -3.

Serie linoleato	Serie linolenato
C18:2 ω -6 Ácido Linolénico (LA) ↓ Enzima \blacktriangle ⁶ Desaturasa	C18:3 ω -3 Acido α - Linolénico ↓ Enzima \blacktriangle ⁶ Desaturasa
C18:2 ω -6 Acido gama- Linolénico ↓	C18:4 ω -3 ↓
C20:3 ω -6 Acido dihomo- gama Linolénico ↓ Enzima \blacktriangle ⁵ Desaturasa	C20:4 ω -3 ↓ Enzima \blacktriangle ⁵ Desaturasa
C20:4 ω -6 Ácido araquidónico (AA) ↓	C20:5 ω -3 Ácido eicosapentaenólico (EPA) ↓
C22:4 ω -6 Acido docosatetraenólico ↓ Enzima \blacktriangle ⁴ Desaturasa	C22:5 ω -3 Acido docosapentaenólico (DPA) ↓ Enzima \blacktriangle ⁴ Desaturasa
C22:5 ω -6 Acido docosapentaenólico	C22:6 ω -3 Acido docosaheptaenólico

Adaptado de Castillo (2004).

3.5.2 Perfil lipídico del huevo de gallina ponedora

Referente a la composición lipídica del huevo, este contiene un 11% como fracción de grasa, la cual es depositada solamente en la yema. De la cual un 5% es colesterol, 28% fosfolípidos y un 66 % son triglicéridos.

Es importante resaltar el alto nivel de fosfolípidos que se encuentran presentes en el huevo (2 g) y cabe destacar la presencia de fosfatidilcolina o lecitina. Los carotenoides y las vitaminas liposolubles forman parte de un 1% de los lípidos de la yema. Con relación al porcentaje de ácidos grasos en el huevo entero comestible, un 3% son ácidos grasos saturados (AGS), un 4% son monoinsaturados (AGMI) y un 2% son AGPI, en concreto un 1,4% de ácido linolénico esencial. De acuerdo a esto, puede indicarse que no solo la cantidad, sino también la relación entre el grado de saturación de ácidos grasos tiene una importante repercusión en la salud (Barroeta, 2008).

Tabla 3. Composición nutricional de un huevo (por 100g de huevo comestible).

ÁCIDOS GRASOS	ENTERO	YEMA	CLARA
Mirístico C14:0 (g)	0.04	0.11	—
Palmitico C16:0 (g)	2.00	6.00	—
Esteárico C18:0 (g)	0.75	2.20	--
Oleico C18:1 (g)	3.60	10.60	—
Linoléico n-6 C18:2 (g)	1.40	4.30	—
Alfa-Linolénico n-3 C18:3 (g)	0.14	0.42	--
Eicosapentaenóico (EPA) n-3 C20:5 (g)	—	—	—
Docosapentaenóico n-3 C22:5 (g)	0.05	—	—
Docosahexaenóico (DHA) n-3 C22:6(g)	0.18	—	—

Adaptado de Barroeta (2008).

3.5.3 Relación omega 3:omega6 en huevo de gallina ponedora

En Productos de origen animal (carnes, lácteos y huevos) pueden tener un equilibrio de omega 3 y omega 6 cercano a 1/1, siempre y cuando los animales estén en niveles de inclusión lipídica similares y tengan una alimentación con fuentes como la linaza. De lo contrario, se ha reportado que cuando los animales son alimentados con maíz o soya, la relación de omega 3 y 6 es de 1/16 a 1/40 (Weil et al., 2002).

3.5.4 Estabilidad oxidativa y vida útil del huevo de gallina ponedora con adición de lípidos

La implementación de los ácidos grasos omega 3 y 6 en huevos se puede realizar a través de la inclusión de lípidos en la dieta de las aves. Sin embargo, debido al grado de insaturación, los PUFA son vulnerables al ataque de radicales libres y al daño oxidativo, siendo utilizados en la determinación de la eficacia de antioxidantes naturales. Con el aumento de estos ácidos en las dietas de las aves, hay un aumento relacionado al deterioro oxidativo de los huevos, donde puede generarse una pérdida de las características tanto de valor nutritivo, como de calidad, lo cual hace que se presente un mínimo de aceptación por parte del consumidor. Con la ausencia de antioxidantes apropiados, los PUFA crean radicales libres los cuales pueden tener un efecto prooxidante significativo lo cual lleva a la pérdida de la vitamina E y al incremento de los productos de oxidación. Por consiguiente, es un requerimiento necesario tener un mayor consumo de antioxidantes para asociarse a un consumo alto de ácidos grasos poliinsaturados y de esa manera reflejar la acción benéfica de estos ácidos (Bernal et al., 2003).

3.5.5 Efecto de los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre calidad y valor nutritivo del huevo

La inclusión de semilla de linaza (fuente rica en omega 3) en la dieta de gallinas ponedoras se ha estimado en niveles de 10 hasta un 30% del total de la materia seca, consiguiéndose aumentar en 44 veces el contenido de ácido α -linolénico de la yema de huevo. Sin embargo, la tasa de deposición de EPA (ácido eicosapentaenóico) y DHA (ácido docosahexaenóico), puede llegar a disminuir con niveles de inclusión de linaza superiores al 15%. Otro factor que debe considerarse es que la tasa de deposición de ácidos grasos varía con la edad y con la estirpe de las gallinas. Según Carrillo et al. (2012) indicaron que un huevo estándar contiene aproximadamente 106 mg de AG ω 3 (1,3% TAG) en 100 g de huevo completo, de los cuales 48 mg son de ALA (0,6% TAG) y 58 mg de DHA (0,73% TAG); las concentraciones de CLA en el mismo se sitúan en niveles no detectables.

Referente al efecto de ácidos grasos omega 6, en dietas suplementadas con girasol se encontró en la yema el ácido margárico en niveles más bajos (C17:1) en gallinas ponedoras de mayor edad. En cuanto al ácido linoléico las dietas que contenían aceites vegetales como el caso del aceite de girasol fueron las que presentaron un 21.23% de este ácido en huevo (Oliveira et al., 2010). Según Gao y Charter. (2000); Baucells et al (2000); Pita et al. (2006) y Schreiner et al. (2004) indicaron que la inclusión de aceite o semilla de girasol en la dieta de las aves es propicia para observar un alto nivel de C20:4 en la yema de huevo, siendo esto posible, debido al alto contenido de su precursor C18:2.

3.6 Características de composición bromatológica y de perfil de ácidos grasos de la semilla de linaza

Nombre común: Linaza

Nombre científico: *Linum usitatissimum L.*

Familia: Linaceae.

Las tablas 4 y 5 indican la composición bromatológica y el perfil de ácidos grasos presentes en la semilla de linaza.

Tabla 4. Composición bromatológica de la semilla de linaza.

Parámetro	(%)
Materia Seca	94.79
Cenizas	3.35
Humedad	5.1
Proteína bruta	18.15
Extracto Etéreo	34.92
Fibra bruta	14.49

Adaptado de Tello y Guerrero (2007).

Tabla 5. Ácidos grasos presentes en la semilla de linaza

Ácidos grasos	%
Palmítico (C16:0)	6.54
Esteárico (C18:0)	4.95
Oleico (18:1 ω9)	20.69
Linoléico (18:2 ω6)	13.78
α-Linolénico (18:3ω3)	53.18
Eicosanóico (20:0)	0.15

Adaptado de Bernal et al. (2003).

3.7 Características de composición bromatológica y de perfil de ácidos grasos de la semilla de girasol

Nombre común: Girasol

Nombre científico: *Helianthus annus L.*

Familia: Asteraceae

Las tablas 6 y 7 indican la composición bromatológica y el perfil de ácidos grasos presentes en la semilla de girasol.

Tabla 6. Composición bromatológica de la semilla de girasol.

Parámetro	(%)
Materia seca	93.10
Energía metabolizable (Kcal/kg)	4.92
Proteína bruta	21.75
Calcio	0.33
Fósforo	0.72
Extracto etéreo	39.89
Fibra bruta	15.51

Adaptado de Tsuzuki et al. (2003).

Tabla 7. Ácidos grasos (g 100g⁻¹) presentes en la semilla de girasol.

Ácidos grasos	g 100g ⁻¹
Palmítico (C16:0)	6.5
Esteárico (C18:0)	5.7
Oleico (18:1 ω9)	18.1
Linoléico (18:2 ω6)	66.9
Linolénico (18:3ω3)	0.7
Araquidónico (C20:4n-6)	1.2

Adaptado de Arija et al. (1999).

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Animales e instalaciones

El estudio se llevó a cabo en la granja avícola "LA BONITA", ubicada en la vereda la Bruja, perteneciente al municipio de Pacho del departamento Cundinamarca, bajo las coordenadas geográficas 5°07'50" latitud Norte y 74°09'30" longitud Oeste. Se cuenta con una temperatura cálida de 25°C, una altitud promedio de 1.400 msnm y una superficie de 403 km².

Para la determinación del efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre parámetros productivos y de calidad de huevo en gallina ponedora, se utilizaron 150 gallinas de la línea Babcock brown de 27 semanas de edad. Las aves fueron distribuidas aleatoriamente a 3 galpones cada uno con 10 jaulas, totalizando 30 jaulas experimentales, siendo divididas en 10 jaulas por tratamiento, las cuales tuvieron cada una 5 gallinas ponedoras por jaula. Los comederos fueron separados por láminas con el fin de conocer el consumo de alimento diario por cada jaula y por tratamiento.

4.2 Tratamientos y diseño experimental

150 gallinas ponedoras fueron distribuidas a una de las tres dietas experimentales, formuladas diferenciándose por la fuente lipídica utilizada, siendo los tratamientos: T1: Dieta control (dieta basal) sin inclusión de fuente lipídica; T2: Dieta basal con inclusión de 13.5% de la MS de semilla de linaza y; T3: Dieta con inclusión de 13.5% de la MS de semilla de girasol.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos, diez replicas por tratamiento, y 5 gallinas por replica. El experimento tuvo una duración de 55 días (Figura 6), donde las aves contaron con una edad inicial de 27 semanas. A partir de las semanas 31 a 34 de edad de las aves, fue realizada la colecta de huevos, los cuales se llevaron al laboratorio de la Universidad de Cundinamarca, para realizar las pruebas de calidad de huevo. La recolección de los huevos se realizó dos veces al día y a la misma hora con el objetivo de conocer el nivel de producción de huevo, de igual forma, se registró el pesaje de los huevos recolectados. Simultáneamente, se realizó el pesaje diario del alimento ofertado y las sobras, con el fin de determinar parámetros de desempeño como consumo de materia seca y conversión alimenticia.

La proporción de ingredientes de los tratamientos experimentales se muestra en la Tabla 8

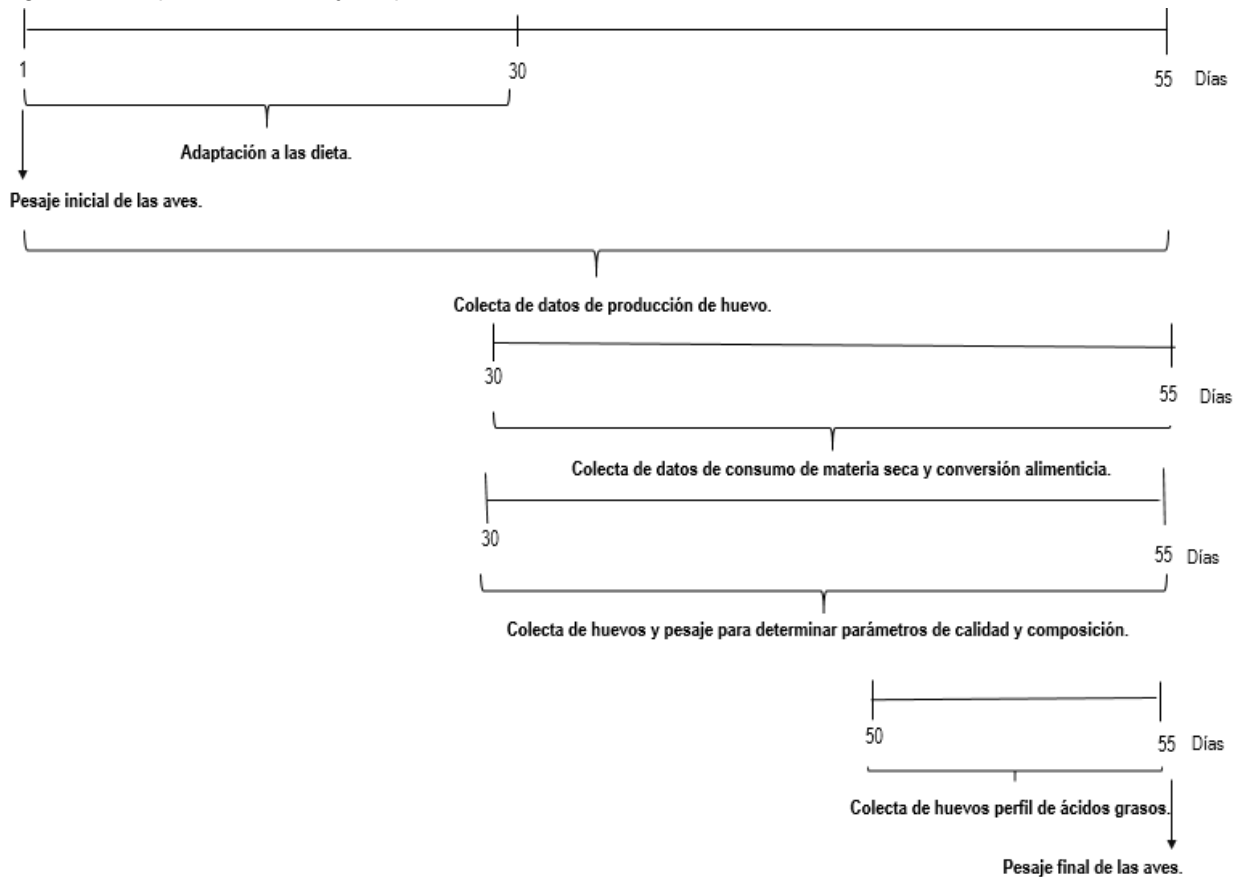
Tabla 8. Proporción de ingredientes de las dietas experimentales en porcentaje de la materia seca (%MS).

Ingrediente	Tratamiento Control (T1)	Tratamiento con semilla de linaza (T2)	Tratamiento con semilla de girasol (T3)
Maíz	48,93	51,72	51,72
Salvado de Trigo	11,1	2,0	2,0
Torta de Soya (48%)	26,36	19,0	19,0
Semilla de Quinua	2,0	2,2	2,2
Semilla de Linaza	-	13,5	-
Semilla de Girasol	-	-	13,5
Carbonato de Calcio	10,41	10,15	10,15
Fosfato Bicálcico	0,7	0,93	0,93
Sal Común	0,3	0,3	0,3
Metionina	0,09	0,09	0,09
Cloruro de Colina	0,01	0,01	0,01
PMV ¹	0,1	0,1	0,1

¹PMV= Premezcla de vitaminas y minerales.

La Figura 6 muestra el protocolo de colecta en días para cada uno de los parámetros a evaluar.

Figura 6. Esquema de manejo experimental.



4.3 Parámetros de evaluación

4.3.1 Análisis bromatológico de las dietas experimentales

Cada una de las dietas experimentales fueron analizadas para determinar el porcentaje de materia seca - MS (Método 2001.12), materia mineral – MM (Método 935.12), proteína bruta - PB (Método 968.06), extracto etéreo - EE (Método 920.39), y fibra bruta - FB, conforme metodologías descritas por AOAC (2006). Además de ello, fue realizado un análisis de perfil de ácidos grasos a las semillas utilizadas en las dietas experimentales conforme técnica descrita por AOAC (2006).

4.3.2 Parámetros de desempeño productivo

El **consumo de materia seca (CMS)** fue evaluado diariamente por jaula, entre las semanas 31 y 34 de edad de las aves (días 30 a 55 del periodo experimental). Este parámetro fue calculado por la cantidad de alimento suministrado en un día y sustraído por la respectiva sobra de alimento colectado y pesado en la mañana siguiente al ofrecimiento de las dietas, multiplicando esto por el porcentaje de materia seca (MS) del alimento y dividiéndolo por 100. Para determinación del consumo de ración por ave día, este fue determinado a partir del resultado de consumo de materia seca obtenido por jaula y dividido por 5, valor este, correspondiente al número de aves por cada subdivisión.

Referente al **peso corporal (g/ave)**, este se registró al inicio y al final del experimento, pesando el grupo de aves por jaula para obtener un promedio por ave, con el fin de tener un control de este parámetro y así evitar un sobre peso de las aves que pudiera afectar la producción de huevo.

La **producción de huevo** se determinó durante toda la fase experimental a campo (55 días) con el fin de evaluar el efecto de las dietas sobre este parámetro, tanto en la fase de adaptación a la dieta como en la fase de colecta de datos. A partir de los datos obtenidos fue posible calcular la docena de huevos producida; el porcentaje de postura y el kilogramo de huevo producido mediante las siguientes formulas:

$$\text{Docena producida} = \text{Producción total de huevo} / 12 \quad (1)$$

$$\% \text{ Postura} = ((\text{Producción total de huevo} / 5) / 55) * 100 \quad (2)$$

Donde:

5 = Número de aves por subdivisión

55 = Número de días experimentales

$$\text{kg huevo producido} = (\text{Producción total de huevo} * \text{peso promedio huevo}) / 1000 \quad (3)$$

El **Peso del huevo** (g), fue determinado entre los días 30 a 55 con ayuda de una balanza digital, para cada huevo producido en cada subdivisión.

En cuanto al **índice de conversión alimenticia (CA)**, este parámetro fue determinado tanto por docena de huevo, como por kilogramo de huevo producidos mediante las siguientes ecuaciones:

$$CA / \text{Docena} = (\text{consumo de alimento} / \text{docena de huevos producida}) / 100 \quad (4)$$

$$CA / \text{kg huevo} = (\text{consumo de alimento} / \text{kg huevo producido}) / 100 \quad (5)$$

La **masa del huevo**, fue calculada utilizando la siguiente formula:

$$\text{Masa huevo} = (\% \text{ postura} * \text{peso promedio huevo}) / 100 \quad (6)$$

4.3.3 Parámetros de calidad de huevo

De 50 gallinas disponibles en cada tratamiento, se tomaron para el estudio el 10% de los huevos al azar, con el fin de llevarlos al laboratorio de la Universidad de Cundinamarca, para realizar evaluación de: Grosor y resistencia de la cáscara, color de la yema, peso y tamaño del huevo, altura, diámetro e índice de la albumina, como se especifica a continuación:

4.3.3.1 Grosor de la cáscara. Se calculó por medio de un micrómetro de mano, retirando cuatro pedazos de aproximadamente 5 mm² de cascara seca, de posiciones equidistantes de la región ecuatorial del huevo, conforme Melo et al. (2008).

4.3.3.2 Resistencia a la ruptura. Se determinó sobre la línea ecuatorial del huevo por medio de un Penetrómetro de Bertuzzi, el cual registró en libras de presión la fuerza requerida para romper la cáscara.

4.3.3.3 Color de la yema. Se realizó una comparación del color de la yema de cada huevo recolectado utilizando el método del abanico colorimétrico desarrollado por Roche, el cual cuenta con una escala de 1-15, donde se determinó la intensidad de pigmentación de la yema.

4.3.3.4 Peso del huevo y sus componentes. Se tomaron los huevos seleccionados de cada uno de los tratamientos, los cuales fueron pesados individualmente, así como, cada uno de sus componentes (yema, albumina y cáscara) en una balanza analítica. De acuerdo a esto, la yema fue separada manualmente del albumen y seguidamente estos dos componentes fueron pesados. Respecto a la cáscara, esta fue lavada para retirar la presencia de otros componentes del huevo y seca a temperatura ambiente para posteriormente ser pesada.

4.3.3.5 Tamaño de huevo. Para la determinación de este parámetro, los huevos se colocaron de forma vertical y con ayuda de un Pie de rey, el cual se posicionó en el polo fino y polo grueso del huevo, fue tomada esta medida.

4.3.3.6 Ancho de Yema. Posterior a la apertura del huevo, la separación de la yema del albumen y el peso de esta, con ayuda de un Pie de rey el cual fue colocado en cada uno de los extremos de la yema, se procedió a medir esta variable.

4.3.3.7 Altura de albumina. Para este parámetro, se retiró la cáscara a los huevos y el resto del huevo se colocó sobre una superficie plana, para realizar la medición de altura por medio de un micrómetro (Hidalgo et al., 2008).

4.3.3.8 Diámetro e índice de albumina. Para medir el diámetro de la albumina se utilizó un Calibrador Pie de Rey, mientras que, para estimar el índice de albumina se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de albumina} = (\text{altura de albumina} / \text{diámetro de albumina}) * 100 \quad (7)$$

4.3.3.9 Unidades Haugh. Las unidades Haugh se calcularon relacionando la altura de la albumina, expresada logarítmicamente y corregida con el peso del huevo según fórmula sugerida por Dudusola (2010):

$$\text{Unidades Haugh} = 100 \log (H - G0,5 (30 W0,37 - 100) / 100 + 1,9) \quad (8)$$

Donde:

H = altura de la albúmina, cm

G = 32.2

W = peso del huevo, g

4.3.4 Perfil de ácidos grasos en la yema de huevo

El presente análisis fue realizado en el Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Para determinar el perfil de ácidos grasos en la yema de huevo, se colectaron al azar 5 yemas de huevo de cada tratamiento con 3 réplicas por tratamiento, las cuales se mezclaron luego de manera homogénea. De esta mezcla se tomaron 2 g, los cuales se extrajeron con 40 mL de cloroformo: metanol 2:1 (Folch et al., 1957). El extracto se filtró y se colectaron 20 mL de filtrado a los cuales les fue adicionado 5mL de agua destilada. Esta mezcla fue centrifugada a 3000 rpm durante 20 minutos. Se eliminó el sobrenadante acuoso y se tomó 1mL de la fase inferior orgánica en un tubo de ensayo previamente pesado, el cual se evaporó luego bajo una corriente suave de nitrógeno. La grasa extraída y seca se solubilizó con una solución de cloroformo: metanol 1:1 (1 mL por cada 100 mg de lípidos) y una alícuota de 50 µL de esta solución de lípidos fue derivatizada con el reactivo de metil esterificación Meth-Prep II® (Alltech Associates Inc., Deerfield, IL, USA). Los metil-ésteres de ácidos grasos se analizaron en un cromatógrafo de gases Shimadzu GC-14A equipado con un detector de ionización de llama (260°C).

La separación se llevó a cabo con una columna Supelco® Omegawax 320, de 30 m x 0.32 mm x 0.25 µm de grosor de película. La separación se realizó mediante una rampa de temperatura (temperatura inicial de 80°C, 10°C/min hasta 190°C, 20 min a 190°C, 2°C/min hasta 220°C y 10 min 220°C). Se utilizó helio como gas transportador y la inyección se hizo en modo "split" (relación 1:50). Los metil-ésteres de los ácidos grasos se identificaron por comparación con los tiempos de retención de una mezcla estándar de ácidos grasos (Supelco 37 component FAME Mix, Inc., Bellefonte, PA, USA). Cada ácido graso se reportó como porcentaje del total de ácidos grasos identificados en cada muestra analizada (Betancourt y Díaz, 2009).

4.4 Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados por el programa Statistical Analysis System (SAS, Versión 9.3, 2011). Antes del análisis propiamente dicho, los datos fueron analizados con relación a la presencia de informaciones discrepantes ("outliers") y la normalidad de los residuos por el test de Shapiro-Wilk. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza por el procedimiento MIXED y el modelo incluyó el efecto de tratamiento como factor fijo. Los efectos de tratamiento fueron evaluados por el test de Tukey a 5% de probabilidad. El modelo estadístico utilizado está descrito conforme ecuación abajo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

En que:

y_{ij} = valor observado en la parcela experimental que recibió el i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición ($j = 1, \dots, r$);

μ = representa una constante general asociada a esta variable aleatoria;

α_i = es el efecto del tratamiento i ($i = 1, 2, \dots, t$);

ϵ_{ij} = es el error experimental asociado a la observación y_{ij} .

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Composición bromatológica de dietas experimentales y perfil de ácidos grasos de semillas

La tabla 9 muestra la composición bromatológica de cada una de las dietas experimentales, la cual fue determinada mediante análisis laboratoriales en donde se observa que las dietas fueron isocalóricas e isonitrogenadas, lo cual evidencia dietas balanceadas, que cubren las exigencias nutricionales para gallinas ponedoras indicadas por el National Research Council (NRC, 1994).

Tabla 9. Composición bromatológica de las dietas experimentales

Componente ¹	Tratamiento Control (T1)	Tratamiento con semilla de Girasol (T2)	Tratamiento con semilla de Linaza (T3)
EM kcal/kg	2850	2850	2850
PB (%)	17	17	17
EE (%)	1.47	4.83	5.38
FB (%)	2.89	6.77	5.56
Ca (%)	4.20	4.20	4.20
P disponible (%)	0.30	0.30	0.30
Na (%)	0.23	0.23	0.23
Lisina digestible (%)	0.774	0.774	0.774
AAs digestibles (%)	0.704	0.704	0.704
Metionina digestible (%)	0.387	0.387	0.387
Treonina digestible (%)	0.588	0.588	0.588

¹Cortesía de NUTRIANALISIS LTDA.

En la tabla 10, se muestra la composición de ácidos grasos de las semillas de girasol y de linaza utilizadas en las dietas experimentales. Fue observado que la semilla de girasol presentó una mayor cantidad de ácidos grasos monoinsaturados, así como de ácido linoléico (C18:2 n-6c), en comparación con la semilla de linaza, la cual presentó una mayor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados y de ácido linolénico (C18:3 n-3), resultados que eran esperados.

En un estudio realizado por Yalçın et al. (2007), al utilizar semilla linaza para modificar el perfil de ácidos grasos en huevo, fue observado en la composición de perfil de ácidos grasos de la semilla un porcentaje de ácido Mirístico (C14:0) de 0.08%, Palmítico (C16:0) de 6.39%, Palmitoleico (C16:1) de 0.11%, Esteárico (C18:0), de 4.94% y Linolénico (C18:3 n-3) de 56.90%. Por otro lado, en la semilla de girasol utilizada en estudio realizado por Oliveira, (2010) se encontraron porcentajes en el perfil ácidos grasos, de ácido Mirístico (C14:0) de 0.07%, Palmítico (C16:0) de 6.13%, Esteárico (C18:0) de 3.58% y Trans-linoleico (C18:2t) de

54.74%. Los valores observados en estos estudios fueron diferentes a los encontrados en la semilla de girasol y de linaza del presente estudio.

Tabla 10. Composición de ácidos grasos y lípidos totales de la semilla de girasol y semilla de linaza utilizadas en las dietas experimentales

Parámetro	Semilla de girasol	Semilla de linaza
Lípidos totales ¹	27.77	31.85
Ácido graso ²		
Mirístico. C14:0	1.51	0.01
Palmítico. C16:0	4.38	4.64
Palmitoleico. C16:1	0.06	0.06
Margárico C17:0	0.11	0.06
Esteárico. C18:0	4.24	3.48
Elaídico. C18:1n-9 trans	0.07	0.00
Oleico. C18:1 n-9c	54.51	20.47
Vaccénico. C18:1 n-7	0.54	0.68
Linoleico C18:2 n-6c	34.58	13.10
Linolénico. C18:3 n-3	0.00	57.50
PUFAS ³	34.58	70.60
MUFAS ⁴	55.18	21.21
SFAS ⁵	10.24	8.19
n-3	0.00	57.50
n-6	34.58	13.10
n-6 / n-3	-	0.23

¹Los lípidos se expresan en %/100g de muestra; ²ácidos grasos se expresan en %/100g de muestra; ³PUFA: Ácidos grasos poliinsaturados; ⁴MUFA: Ácidos grasos monoinsaturados; ⁵SFA: Ácidos grasos saturados.

*Análisis realizado en Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

5.2 Parámetros de desempeño productivo

La producción total de huevo, así como la docena producida y el porcentaje de postura, fueron disminuidos significativamente ($p < 0.05$) cuando las aves recibieron el tratamiento con semilla de girasol en comparación con el tratamiento control que presentó los valores más altos, mientras que el tratamiento con semilla de linaza no se diferenció de ninguno de los dos tratamientos. Aunque hubo disminución en la producción total de huevo y el porcentaje de postura con la inclusión de una fuente lipídica, no fue observado efecto de tratamiento ($p > 0.05$) sobre otros parámetros de desempeño como consumo de materia seca, consumo de ración por ave por día, peso de huevo, kilogramo de huevo producido, conversión alimenticia por kilogramo de huevo producido, así como, masa del huevo (Tabla 11). Referente a la conversión alimenticia por docena de huevo producido, esta fue mejor ($p < 0.05$) para el tratamiento control, en comparación con los dos tratamientos con inclusión lipídica en forma de semillas.

Tabla 11. Efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre parámetros de desempeño productivo en gallinas ponedoras de la línea Babcock brown

Parámetro	Dieta experimental			Std Error	P
	Control	Semilla girasol	Semilla de linaza		
CMS	507.56 ± 27.87	506.55 ± 21.44	499.42 ± 26.58	4.6319	0.7455
CR g/d/ave	101.51 ± 5.57	101.31 ± 4.28	99.88 ± 5.31	0.9263	0.7454
Producción total	181.20 ± 32.36 ^a	149.70 ± 25.91 ^b	154.70 ± 15.10 ^{ab}	5.1699	0.0219
Docena Producida	15.10 ± 2.69 ^a	12.47 ± 2.16 ^b	12.89 ± 1.25 ^{ab}	0.4308	0.0219
% Postura	65.89 ± 11.76 ^a	54.44 ± 9.42 ^b	56.25 ± 5.48 ^{ab}	1.8800	0.0219
kg Huevo	10.48 ± 1.84	8.95 ± 1.97	9.17 ± 1.03	0.3199	0.1074
CA / Docena	0.33 ± 0.03 ^b	0.39 ± 0.04 ^a	0.39 ± 0.03 ^a	0.0086	0.0021
CA / kg Huevo	0.50 ± 0.08	0.54 ± 0.08	0.55 ± 0.05	0.0145	0.2511
Peso Huevo (g)	57.90 ± 1.75	59.50 ± 3.78	59.36 ± 3.97	0.6008	0.5007
Masa Huevo (g)	38.12 ± 6.73	32.58 ± 7.18	33.37 ± 3.75	1.1642	0.1079

(a-b) letras diferentes en la fila indican diferencias significativas (p<0.05). CMS: Consumo de materia seca; CR: Consumo de ración; CA: Conversión alimenticia.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que el nivel de inclusión lipídica utilizado no tuvo efecto negativo sobre la palatabilidad de las dietas, no generando de esta forma, reducción del consumo de materia seca, ni de consumo de ración por ave. Sin embargo, se observó que el desempeño productivo de las aves fue reducido cuando recibieron inclusión lipídica, principalmente, una fuente rica en omega 6 como lo es la semilla de girasol. De acuerdo a esto, las aves alimentadas con el tratamiento control presentaron mayor producción total de huevo, mayor docena producida, así como una mejor conversión alimenticia por docena producida. Este efecto puede ser explicado, probablemente por la presencia de factores anti-nutricionales contenidos en la semilla de linaza y semilla de girasol los cuales pueden perjudicar la digestión y absorción de nutrientes productores de energía en las aves (González-Esquerra y Leeson, 2000) lo que puede provocar una disminución de la producción de huevos de las gallinas ponedoras, tanto en producción total, porcentaje de postura y docena producida, efecto este que pudo haber ocurrido en el presente experimento. Por otro lado, Karunajeewa et al. (1989) indica que dietas con inclusión de semilla de girasol, generan un aumento en el consumo de fibra. De acuerdo a lo anterior, el aumento del consumo de fibra puede reflejarse en una disminución de la tasa de pasaje del alimento y consecuentemente una reducción en el aprovechamiento o direccionamiento de nutrientes destinados para formación del huevo, lo que puede generar un efecto negativo en la producción de huevo, efecto este observado en el presente experimento.

Resultados obtenidos en diferentes estudios que evalúan el efecto de fuentes de omega 3 y omega 6 sobre parámetros de producción y características del huevo en gallinas ponedoras alimentadas con linaza y girasol son muy contradictorios. Referente al consumo de alimento hay estudios que indican que este disminuye (Aymond y Van Elswyk, 1995; Hayat et al., 2009) o aumenta (Caston et al., 1994) tras la administración de linaza en gallinas ponedoras. Por otro lado, Uwayjan et al. (1983) indicó que al realizar una inclusión de 30% de semilla de girasol en las dietas de gallinas ponedoras, hubo una reducción en el consumo de alimento, sin embargo, no fue afectada la conversión alimenticia. Este efecto puede ser explicado por el aumento en el contenido energético de la dieta que genera un efecto de reducción de consumo, pero que no limita el

desempeño animal. En contraposición, Tsuzuki et al. (2003) indicó que el aumento de los niveles de inclusión de semilla de girasol no afectaron el consumo de alimento diario ni la conversión alimenticia. Por otra parte, Vieira et al. (1992) observaron que la harina de girasol en dietas de gallinas ponedoras incrementó el consumo de alimento, sin embargo, la conversión alimenticia fue reducida.

Para el consumo de ración de ave por día (CR g/d/ave), Santos et al. (2009) al adicionar aceite de linaza en 2 y 4% del total de la MS, obtuvieron un consumo de ración por ave de 82.20 y 77.77 g/d/ave, respectivamente, valores estos, menores a los obtenidos en el presente estudio (99.88 g/d/ave) con una inclusión de 13.5% de semilla de linaza. Por otro lado, Oliveira (2008) al utilizar semilla de girasol y semilla de linaza con una inclusión de 3.40% de la MS en la dieta, obtuvo un consumo de ración por ave (g/d/ave) de 111.24 y 111.49, respectivamente, valores estos, más altos a los obtenidos en el presente trabajo.

Referente a la producción total de huevos, estudios indican que esta tiende a disminuir (Aymond y Van Elswyk, 1995), otros, que no genera ningún efecto (Bean y Leeson, 2003; Caston et al, 1994; Jiang et al., 1991; Meluzzi et al, 2000; Shafey et al, 2003; Mazalli et al., 2004) o que aumenta (Scheideler y Froning, 1996) en respuesta a la suplementación con linaza. De acuerdo a esto, en estudio realizado por Goncuglu y Ergun (2004), adicionando aceite de linaza en un nivel de 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0% de la MS, no observaron ningún efecto sobre la producción de huevo cuando compararon los datos obtenidos con el tratamiento control. Grobas et al. (2001) encontraron que las gallinas alimentadas con 5 o 10% de aceite de linaza produjeron número similar de huevos en comparación con las gallinas sin suplementación durante un período de 12 semanas. Por el contrario, Ansari et al. (2006) informaron que con 15% de linaza en la dieta se observó una disminución en la producción de huevos en las gallinas. Sin embargo, esta reducción sólo se ha observado en aves jóvenes al inicio de sus ciclos reproductivos (Van Elswyk, 1997b). Por otro lado, en estudio realizado por Silva et al. (2005) reportaron un porcentaje de producción de 76.35 % en gallinas de la raza Isa brown, cuando adicionaron aceite de girasol en la dieta, alcanzando un nivel de energía de 2950 kcal de EM/kg. Shi et al. (2012) al suplementar gallinas ponedoras con semilla de girasol en niveles de 8.26, 16.52 y 24.84% de la MS, no presentaron efectos significativos sobre la producción de huevo cuando comparados los tratamientos con el tratamiento control. En general, puede decirse que, la disminución en la producción de huevos por la administración de fuentes ricas en omega 3 y omega 6 puede ser debido al menor consumo de alimento en las gallinas, sin embargo, en el presente experimento este efecto no fue observado.

En cuanto a la conversión alimenticia por kg de huevo producido, Oliveira (2008) al adicionar semilla de girasol y semilla de linaza en un 3.40% de la MS, obtuvo una conversión de 1.56 y 1.9, respectivamente. Contrario a lo observado en el presente estudio, ya que al comparar los datos con este autor, la conversión alimenticia fue mejor, sin embargo no fue observado diferencia significativa entre los tratamientos. Esto puede ser debido a que en el presente estudio el nivel de inclusión lipídica fue más alto (13,5% vs 3,40%), lo que pudo haber generado un efecto extra calórico de la dieta asociado con un mayor contenido de extracto etéreo (Betancourt y Díaz, 2009).

La inclusión de lípidos de la dieta ha sido reconocida para mejorar el peso del huevo (Jensen et al., 1958) en gallinas ponedoras, aunque el mecanismo aún no está claro. Se informó previamente que el ácido linoleico (omega 6) puede aumentar la síntesis de lipoproteínas que se depositan en la yema de huevo en desarrollo (March y McMillan, 1990) y que ello puede reflejarse en el peso del huevo. Sin embargo, resultados de estudios recientes llevados a cabo con la adición de omega 3 en la alimentación gallinas ponedoras mostraron mayores efectos relacionados sobre el peso y la masa del huevo, en comparación a la adición de omega 6. Entre tanto, cabe indicar que los resultados de la adición de lípidos sobre el peso y la masa del huevo aun no son concluyentes. Varios autores reportan una disminución en el peso del huevo (Caston et al., 1994; Scheideler y Froning, 1996) o incluso un aumento (Rizzi et al., 2009), mientras que otros autores no observaron efecto (Aymond y Van Elswyk, 1995; Bean y Leeson, 2003; Schreiner et al., 2004) cuando adicionaron semilla de linaza en aves ponedoras. Santos et al (2009) reportaron valores de 51.52 g y 52,19 g con una inclusión de 2% y 4% de semilla de linaza, respectivamente, valores próximos a los obtenidos en el presente estudio. Galobart et al. (2001) indicó que en gallinas alimentadas con 5% de aceite de linaza no fue observada ninguna diferencia en el peso del huevo cuando comparado con el tratamiento control. Novak y Scheideler (2001) observaron también que el peso y la masa del huevo no fueron afectados por la alimentación con linaza en una inclusión del 10% de la MS, efecto similar al observado por Yannakopoulos et al. (1999) que indicó que la dieta con un 10 o 20% de linaza no tuvo ningún efecto en el peso del huevo en gallinas ponedoras. Por otro lado Silva et al. (2005) reportaron un peso de huevo de 68.34 g con la inclusión de acetite de girasol realizada hasta alcanzar un nivel de energía de 2950 kcal de EM/kg, pesos estos mayores a los observados en el presente experimento. En general, puede decirse que el peso del huevo obtenido en el presente estudio, se encuentra dentro de los estándares normales de peso de huevo de gallinas ponedoras en Colombia, conforme indicado por Aguilera (2014).

La inclusión lipídica en algunos casos ha mostrado reducción del peso y la masa del huevo, sin embargo este efecto aun no es tan concluyente. González-Esquerra y Leeson (2000) y Van Elswyk (1997b) sugirieron que la reducción del peso de los huevos de gallinas ponedoras cuando se genera una adición de ácidos grasos poliinsaturados, principalmente, Omega 3 puede ser un resultado del efecto hipotrigliceridémico, es decir, la disminución en la circulación de los triglicéridos debido al aumento de Omega 3, que puede reducir la disponibilidad de los lípidos para la formación de la yema de huevo y consecuentemente, una reducción del peso. Del mismo modo, Whitehead et al. (1993) y Scheideler y Froning (1996) observaron que la disminución en el peso y masa del huevo fue acompañada por una reducción en la concentración de estradiol en plasma y sugirieron que ácidos grasos poliinsaturados en la dieta podría alterar el metabolismo hormonal de las aves. Por otro lado, se ha sugerido que la prolina presente en las semillas de linaza tiene efectos antagonistas con la vitamina B6, la cual es un cofactor necesario para el metabolismo de aminoácidos. Este antagonismo de la vitamina B6 puede conducir a la disminución de la síntesis de proteínas que resultan en la reducción de peso del huevo (Dunn-Horrocks et al., 2011).

5.3 Parámetros de calidad de huevo

No fueron observadas diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos sobre los parámetros de calidad de huevo evaluados. De acuerdo a esto, la inclusión de fuentes lipídicas en forma de semillas en la dieta de gallinas ponedoras no afectó negativamente los parámetros de calidad de huevo cuando comparados con un tratamiento control.

Tabla 12. Efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre parámetros de calidad de huevo en gallinas ponedoras de la línea Babcock brown

Parámetro	Dieta experimental			Std Error	P
	Control	Semilla girasol	Semilla de linaza		
Grosor cascara (mm)	0.198 ± 0.02	0.196 ± 0.02	0.198 ± 0.01	0.0042	0.9769
Resistencia ruptura (lbp)	2.64 ± 0.30	2.49 ± 0.23	2.61 ± 0.13	0.0429	0.3582
Color de yema	6.9 ± 0.31	7.0 ± 0.47	6.8 ± 0.42	0.0735	0.5560
Peso huevo (g)	58.83 ± 2.19	58.63 ± 1.58	58.58 ± 1.72	0.3268	0.9529
Peso yema (g)	15.64 ± 0.95	15.83 ± 0.71	15.51 ± 0.84	0.1505	0.6845
Peso albumina (g)	35.03 ± 2.80	35.82 ± 1.29	35.59 ± 2.62	0.4172	0.7395
Peso cascara (g)	7.46 ± 0.14	7.51 ± 0.36	7.50 ± 0.23	0.0482	0.9229
Tamaño huevo (mm)	55.60 ± 0.54	55.56 ± 0.85	55.37 ± 0.95	0.1429	0.8041
Ancho yema (mm)	42.54 ± 0.82	42.70 ± 0.77	42.28 ± 0.92	0.1523	0.5272
Altura albumen (mm)	0.86 ± 0.10	0.86 ± 0.10	0.85 ± 0.14	0.0210	0.9702
Diámetro de albumen (mm)	90.62 ± 5.53	87.12 ± 4.71	89.33 ± 6.90	1.0541	0.4074
Índice de albumen (%)	0.95 ± 0.15	1.01 ± 0.15	0.97 ± 0.21	0.0313	0.7373
Unidades haugh (%)	92.37 ± 0.55	92.42 ± 0.54	92.36 ± 0.73	0.1085	0.9705

En estudio realizado por Shi et al. (2012) al incluir semilla de girasol en un 16.52%, no fue observado ningún efecto lipídico sobre los parámetros de calidad el huevo. De igual manera, Bean y Leeson (2003) y Hayat et al (2009) al utilizar semilla de linaza en niveles de 0 y 10% de MS no reportaron ningún efecto en los parámetros de calidad del huevo en aves suplementadas con esta fuente lipídica.

En cuanto al grosor de la cascara este fue un parámetro que arrojó un valor considerado como muy bajo, conforme indica Buxadé et al (1995), quien menciona que un valor de grosor de cascara adecuado debe estar entre 0.24 a 0.40 mm. Esto pudo ser ocasionado por la adición de ácidos grasos en la dieta de las aves donde los lípidos forman sales insolubles con el calcio en el intestino delgado de las aves lo cual hace que se dificulte la movilización de los minerales hasta el útero siendo allí el lugar donde se da la formación de la cáscara (Magalhães et al., 2010). La calidad de la cáscara, en términos de grosor y resistencia de la cáscara, es un factor significativo en la apariencia del huevo y es muy importante en el manejo del mismo. Patterson et al. (2001) indicaron una mayor rotura de huevos en huevos enriquecidos con Omega-3, en comparación con huevos provenientes de una dieta convencional. Se ha indicado que la inclusión de linaza, como fuente de Omega-3, en la dieta de gallinas ponedoras puede deteriorar la calidad de la cáscara del huevo (Van Elswyk, 1997b; Novak y Scheideler, 2001). En contraposición, son muchos los estudios que no han encontrado efecto

de la adición de ácidos grasos poliinsaturados sobre la calidad de la cáscara. En estudio realizado por Bean y Leeson (2003), el grosor del cascarón no se vio afectado por la alimentación con linaza en gallinas ponedoras. De igual manera, Galobart et al. (2001) al adicionar 5% de aceite de linaza, informaron que el grosor de la cáscara de huevo se mantuvo similar al de las gallinas alimentadas con un tratamiento control. Por otro lado, Silva et al. (2005), al utilizar aceite de girasol para alcanzar un nivel de energía de 2950 kcal de EM/kg en gallinas de la raza Isa brown reportaron un grosor de cascara de 0.378 mm, un valor mayor al obtenido en el presente estudio. En general, los resultados obtenidos para grosor de la cascara para todos los tratamientos no fueron diferencialmente significativos y como indicado anteriormente, el grosor de la cascara obtenido fue muy bajo para todos los tratamientos, incluyendo el tratamiento control, cuando comparado con otros estudios. Este efecto, pudo haber sido debido a la adición de quinua en todas las dietas (2% de la MS) y no a la adición de linaza o girasol, esto porque la quinua es una materia prima alta en ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados, entre los que destacan principalmente el ácido linoleico (n-6) con un contenido del orden del 56%, el ácido linolénico (n-3) con un contenido del 5% y el ácido oleico con un 21% (Ruales et al., 2002; Masson y Mella 1985), por lo tanto, pudo haberse dado un efecto de formación de sales insolubles con el calcio en el intestino delgado y consecuentemente una poca movilización de minerales hasta el útero para la formación de cascara que limitaron la calidad de la misma, como efecto atribuido a la inclusión de la quinua en todas las dietas experimentales.

Respecto al color de la yema, fue observado que la inclusión de semillas en la dieta no afectó este parámetro cuando comparado con el tratamiento control. Efecto contrario, fue observado por Betancourt y Díaz (2009) en aves suplementadas con semilla de linaza, quienes observaron que el color de la yema se redujo significativamente, según la escala Roche de 8,5 para el caso tratamiento control a 4.0 y 4.25 cuando hubo una inclusión de 10 y 15% de semilla de linaza en la dieta, respectivamente. Sin embargo, este valor se vio aumentado para 6.0, cuando las aves recibieron una inclusión de 20%. Por otro lado Shi et al. (2012) al incluir semilla de girasol en un 16.52%, observaron un color de yema de 9.67, sin embargo, cuando adicionaron 24.84% de semilla de girasol en la dieta, el color de la yema disminuyó.

Referente al peso de la yema de huevo se puede decir que este es un factor importante que indica la calidad interna del huevo. Cualquier desviación o cambio del peso de la yema de huevo, puede alterar significativamente el peso de todo el huevo. La mayoría de los estudios indican que el peso de la yema de huevo de gallina no es muy afectado por la alimentación con ácidos grasos poliinsaturados. Grobas et al. (2001) reveló que las gallinas alimentadas con dietas ricas en Omega 3 (aceite de linaza 5 e 10% de inclusión), produjeron pesos de yema de huevo similares en comparación con las gallinas que no tuvieron suplementación durante un período de 12 semanas. Beynen (2004) y Sosin et al. (2006) reportaron que la alimentación para gallinas ponedoras con Omega 3 mantuvo el peso de la yema constante. Por otro lado, Van Elswyk (1997b) sugirió que los cambios en la calidad del huevo por la alimentación con linaza en gallinas también incluyen una disminución del peso de la yema e indicó que esta reducción de peso de la yema se relaciona con cambios en la concentración de estradiol circulante en la sangre causados por los ácidos grasos poliinsaturados Omega 3, por factores antinutricionales de la linaza y el efecto hipotriglicéridémico, que genera

una baja disponibilidad de los lípidos para la formación de la yema. Sin embargo, estos efectos no fueron observados en el presente experimento.

Similar al peso de yema, no fue observado también efecto de fuente lipídica sobre el peso del albumen y de la cascara. Estos resultados son similares a los observados por Oliveira (2008); March y Macmillan (1990); Bean y Leeson (2003) y Mazalli et al (2004a), quienes al evaluar la adición de aceites en la dieta de gallinas ponedoras sobre los componentes del huevo, no encontraron ningún efecto significativo, concluyendo que las características nutricionales del huevo pueden ser afectadas, pero no, las características de tamaño y peso del huevo y sus componentes con la adición de fuentes lipídicas.

En cuanto a las unidades Haugh el valor obtenido en el presente estudio es considerado como muy bueno, puesto que se obtuvieron valores superiores a 90 UH. De acuerdo a esto, se ha indicado que valores mayores a 72 UH representan huevos de excelente calidad, valores entre 60 y 72 UH representan buena calidad y valores menores a 60 UH indican un huevo de inferior calidad (Estrada et al., 2010). Para este parámetro, los valores obtenidos cuando hubo inclusión de fuentes lipídicas (92,42 y 92,36) fueron superiores a los observados por Shi et al. (2012) quienes obtuvieron un valor de 75.35 UH. Por otro lado Celebi y Macit (2008) al incluir 2% de aceite de girasol y de linaza en la dieta de gallinas de la raza Isa brown obtuvieron un valor de unidades Haugh de 77.08 y 75.07, respectivamente. Sin embargo, Oliveira (2008) indicaron valores de UH próximos a los del presente estudio cuando alimentaron gallinas ponedoras con aceite de linaza y de girasol con una inclusión de 3.40%, donde obtuvo valores de 98.68 UH y 99.00 UH, respectivamente. Los altos valores de UH observados en el presente experimento, están relacionados con la edad de las aves. Es decir, huevos de gallinas jóvenes normalmente presentan valores más altos de UH en comparación a huevos de gallinas más viejas, independientemente de la dieta. Esto es debido al hecho de que las gallinas jóvenes son más eficientes en la deposición de proteínas del albumen y de puentes disulfuros que unen las proteínas entre ellas (Oliveira, 2008).

5.4 Composición de ácidos grasos del huevo

Para el efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 (n-3) y omega 6 (n-6) sobre la composición del total de ácidos grasos de la yema de huevo en gallinas ponedoras (Tabla 13), todos los resultados presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. El tratamiento control presentó mayores niveles de ácidos grasos saturados en comparación con los demás tratamientos, lo que era de esperarse al ser este un tratamiento que no tuvo inclusión de ácidos grasos omega 3 (n-3) y omega 6 (n-6) en forma de semillas. De igual forma, el tratamiento control presentó un mayor nivel de ácidos grasos monoinsaturados en comparación con el tratamiento de semilla de girasol y no se diferenció de estos dos tratamientos el tratamiento con semilla de linaza. Los huevos de las aves que recibieron el tratamiento con semillas de girasol presentaron un mayor nivel de ácidos grasos poliinsaturados ($P < 0,05$) en comparación con el tratamiento control y no se diferenció de estos dos tratamientos el tratamiento con semillas de linaza. De igual forma, el tratamiento con semillas de girasol aumentó ($P < 0,05$) los niveles de omega 6 en el huevo en comparación con los demás tratamientos, los cuales no se diferenciaron entre sí significativamente. Este resultado era de esperarse debido a que la semilla de girasol presenta alto contenido de ácido linoléico.

Para la relación de ácidos grasos n-6:n-3, todos los resultados se diferenciaron entre sí ($p < 0,05$). Debido a la alteración de ácidos grasos n-6 y n-3 en la yema del huevo, como consecuencia de la inclusión de fuentes lipídicas en forma de semillas, la relación n-6:n-3 aumentó de 10.5 para el tratamiento control hasta 22.4 para el tratamiento con semillas de girasol y disminuyó hasta 2.20 para el tratamiento con semilla de linaza. De acuerdo a esto, la peor relación de n-6:n-3 obtenida en las yemas de huevo fue para las aves alimentadas con semilla de girasol, mientras que los niveles de n-3 y la relación n-6:n-3 obtenidas para huevos de gallinas alimentadas con semilla de linaza, son considerados como de excelente calidad. Esto porque, el n-3 presente en las semillas se torna como un determinante para una buena relación n-6:n-3, teniendo en cuenta que esta relación debe ser lo menor posible, siendo que valores entre 1:1 y 4:1 son considerados excelentes y benéficos para la salud humana (Briz, 1997; Yannakopoulos 2007). Cabe resaltar que, mientras los ácidos grasos de cadena n-6 actúan como colesterol malo (LDL – lipoproteínas de baja densidad), en la deposición de grasa en las paredes internas del sistema circulatorio, los ácidos grasos de cadena n-3, tienen efecto inverso (HDL – lipoproteínas de alta densidad), debido a que transportan el colesterol malo del sistema circulatorio para el hígado para ser metabolizado y excretado. En resumen, la reducción de la relación n6:n3 en el huevo, cuando las dietas de aves son suplementadas con fuentes lipídicas, es un aspecto de gran importancia, ya que, como se sabe, dos de los grupos más importantes de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) son el n-6 y el n-3. Estos afectan el metabolismo de los eicosanoides, la expresión génica y la comunicación intercelular y no son interconvertibles en el cuerpo humano. Además, metabólica y funcionalmente son distintos y en muchos de los casos tienen efectos fisiológicos opuestos. Por tal motivo mantener un balance adecuado de n6:n3 es de gran importancia (Oliveira, 2008). Referente a los resultados obtenidos en el presente estudio para la relación de n-6:n3, los resultados fueron similares a los encontrados por Oliveira (2008), al adicionar aceite de girasol y de linaza en gallinas ponedoras, encontrando una relación de 22.05 y 2.01, respectivamente.

Tabla 13. Efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre la composición total de ácidos grasos de la yema de huevo en gallinas ponedoras de la línea Babcock brown

Ácido graso ¹	Dieta experimental			P
	Control	Semilla girasol	Semilla de linaza	
SFAS ²	33.1 ± 0.49 ^a	31.3 ± 0.23 ^b	31.7 ± 0.80 ^b	0.019
MUFAS ³	48.3 ± 1.57 ^a	45.5 ± 0.32 ^b	46.4 ± 1.00 ^{ab}	0.046
PUFAS ⁴	18.6 ± 1.96 ^b	23.2 ± 0.38 ^a	22.0 ± 1.61 ^{ab}	0.022
Σn-6/Σn-3	10.5 ± 0.48 ^b	22.4 ± 0.28 ^a	2.20 ± 1.09 ^c	<0.0001
Σn-3	1.62 ± 0.02 ^b	0.99 ± 0.07 ^b	6.92 ± 0.85 ^a	<0.0001
Σn-6	16.97 ± 1.98 ^b	22.19 ± 0.32 ^a	15.06 ± 1.60 ^b	0.003

(a-b) letras diferentes en la fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$). ¹ácidos grasos se expresan en porcentaje (%) de muestra;

²SFA: Ácidos grasos saturados; ³MUFA: Ácidos grasos monoinsaturados; ⁴PUFA: Ácidos grasos poliinsaturados.

*Análisis realizado en Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

Por otro lado, se observó un mayor ($p < 0,05$) contenido de ácidos n-3 en los huevos de aves alimentadas con semilla de linaza en comparación a los demás tratamientos. De igual forma, fue obtenido un mayor contenido de n-6 para el tratamiento con semilla de girasol, cuando comparado con los demás tratamientos los cuales no

se diferenciaron entre sí. Este resultado demuestra que existe una relación directa entre el producto final y la composición lipídica de las semillas de linaza y girasol utilizadas en las dietas, las cuales son altas en n-3 y n-6, respectivamente. En general, la inclusión de semillas en la dieta de aves ponedoras, generó un efecto positivo en el perfil de ácidos grasos de los huevos, el cual mejoró en cuanto a composición de ácidos grasos poliinsaturados cuando se compararon con el tratamiento control. El enriquecimiento en ácidos n-3 y n-6 en los huevos de aves suplementadas con fuentes lipídicas en forma de semillas, representa un producto diferenciado y con una ventaja para los consumidores, ya que este tipo de alimentos pueden reducir riesgos asociados con enfermedades cardiovasculares (AHA, 1999).

Referente a los ácidos grasos saturados (SFAS), como indicado anteriormente, los huevos de gallinas que recibieron el tratamiento con semillas de linaza o de girasol, disminuyeron la cantidad de ácidos grasos saturados en comparación con el tratamiento control. Esta diferencia puede estar relacionada con el contenido de ácidos grasos saturados encontrados en las dietas experimentales, además del metabolismo de ácidos grasos insaturados, una vez que la desaturación y alargamiento de las cadenas de ácidos grasos surgen a partir de los ácidos grasos saturados. El metabolismo de ácidos grasos poliinsaturados, por ejemplo, ocurre a partir de los ácidos grasos saturados de cadenas más cortas, donde comienzan los alargamientos de cadena y las insaturaciones hasta llegar a los ácidos grasos de cadenas más largas y más saturadas (Oliveira, 2008). Esto explica el que las yemas de los huevos de las gallinas alimentadas con semilla de linaza o de girasol, presentan menor cantidad de ácidos grasos saturados en comparación al tratamiento control. Celebi y Macit (2008) utilizaron aceite de linaza y girasol con una inclusión de 2.0%, donde obtuvieron un valor de SFAS de 27.74 y 30.65 respectivamente. Oliveira et al (2010), indicaron que las cantidades de ácidos grasos saturados y monoinsaturados disminuyeron con el uso de las dietas que contenían fuentes lipídicas vegetales, cuando comparadas con el tratamiento control. Por otro lado, varios estudios (Baucells et al., 2000, Mazalli et al., 2004, Pita et al., 2006), relatan que la cantidad de ácidos grasos saturados en la yema de huevo con relación al contenido total de ácidos grasos, oscila entre 30 y 38%, independientemente de la fuente lipídica adicionada a la dieta y que las cantidades de ácidos grasos saturados y monoinsaturados disminuyen con el uso de dietas con fuentes lipídicas vegetales, tal como fue observado en el presente experimento.

En el presente estudio se observó en la yema de huevos una reducción de los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y un aumento de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) cuando fueron adicionadas a las dietas experimentales fuentes lipídicas en forma de semilla. El efecto de disminución observado en el contenido de ácidos grasos monoinsaturados cuando se adicionaron fuentes lipídicas, fue similar a lo reportado por otros investigadores (Yang et al., 2002; Szymozyk, B.; Pisulewski, 2003). Celebi y Macit, (2008), al utilizar aceite de girasol y aceite de linaza con un nivel de inclusión del 2.0% del total de la dieta, indicaron valores de MUFA de 45.38 y 46.19 y de PUFA de 29.5 y 20.43, respectivamente, valores estos, similares a los obtenidos en el presente experimento. De igual forma, en estudio realizado con diferentes niveles de inclusión de semilla de linaza (0%, 10%, 15% y 20%) por Betancourt y Díaz (2009), cuando lo autores adicionaron 10 y 15% de semilla de linaza en la dieta de aves, los resultados de los PUFAS y MUFAS fueron similares a los obtenidos en el presente estudio. Huthail et al. (2010) informó que cuando se utiliza semilla de linaza en niveles entre 5 a 15% para gallinas ponedoras, se aumenta el nivel de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 en la yema del

huevo, siendo este efecto aún mejor cuando la semilla es molida. Grobas et al. (2001) al utilizar aceite de linaza en una inclusión de 5 y 10%, obtuvieron también un aumento del nivel de omega 3 en la yema de huevo. Este efecto, se debe a que la linaza es rica en este ácido graso, por consiguiente fue observado también un aumento del total de PUFAS en huevo.

Referente al perfil de ácidos grasos saturados de la yema de huevo en gallinas ponedoras de la línea Babcock brown (Tabla 14), los contenidos de ácido Mirístico (C14:0), Decapentanoico (C15:0), Decaheptanoico (C17:0) y Esteárico (C18:0) no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. Referente al ácido Palmítico, el tratamiento control presentó un mayor ($p < 0,05$) contenido de este ácido, cuando comparado con los dos grupos que tuvieron inclusión lipídica, los cuales no se diferenciaron entre sí. Por otro lado, para el ácido Heneicosanoico (C21:0), el tratamiento con semilla de girasol presentó una mayor ($p < 0,05$) concentración de este ácido, en comparación al tratamiento con semilla de linaza, el cual lo disminuyó significativamente en la yema de huevo.

En cuanto al perfil de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) (Tabla 14) encontrados en la yema de huevo en gallinas ponedoras, el ácido oleico (C18:1n-9c) se encontró en mayor cantidad, dentro del perfil de ácidos grasos monoinsaturados obtenido para todos los tratamientos, sin embargo, no fue observado efecto significativo ($p > 0,05$) para este ácido, así como, para el ácido Trans-Elaídico (C18:1n-9t). Por otro lado, el ácido Palmitoleico (C16:1) fue mayor ($p < 0,05$) para los tratamientos control y semilla de linaza, en comparación al tratamiento con semilla de girasol, el cual disminuyó en un 55% este ácido, respecto al tratamiento control. Para los ácidos Miristoleico (C14:1) y Vaccénico (C18:1n-7) encontrados en la yema de huevo, fue observado efecto significativo ($p < 0,05$) de tratamiento, presentando el tratamiento control una mayor composición de estos ácidos, en comparación con el tratamiento de semilla de girasol que redujo esta composición en un 50% y 46%, respectivamente y no diferenciándose de estos dos tratamientos, el tratamiento con semilla de linaza.

La reducción observada de los ácidos Miristoleico (C14:1), Palmítico (C16:0), Palmitoleico (C16:1) y Vaccénico (C18:1n-7), así como la reducción numérica de los ácidos Mirístico (C14:0) y Oleico (C18:1n-9c), fue consecuencia directa de los cambios en la dieta, cuando hubo una inclusión de fuentes ricas en omega 6 y omega 3. Por otro lado, los niveles de ácido Palmitoleico en las yemas de cada uno de los tratamientos pueden estar asociados con la presencia de ácido Palmítico en la dieta. Esto se debe a la acción de la enzima Δ -9 desaturasa que puede convertir el ácido Palmítico a Palmitoleico (Aydin y Cook, 2004). Por lo tanto, el mayor porcentaje de ácido Palmitoleico en la yema de huevos de las aves de los tratamientos control y de semilla de linaza, reflejan una mayor presencia de ácido Palmítico en esas dietas.

Souza et al (2008) al utilizar aceite de linaza con una inclusión de 0.0; 0.5; 1.0; 1.5 y 2.0% observaron un efecto lineal decreciente para el porcentaje de ácido graso Mirístico de 0.69; 0.64; 0.66; 0.62 y 0.52, así como, una disminución de ácido graso palmítico de 27.53; 29.35; 29.17; 28.56 y 25.70, respectivamente. Estos resultados fueron mayores a los observados en el presente experimento, sin embargo, se observó que con la adición de una fuente lipídica vegetal, el valor de estos ácidos grasos fue disminuyendo con relación al

tratamiento control. Con respecto al ácido oleico (C18:1), hubo una tendencia de aumento de este ácido en los huevos de aves alimentadas con el tratamiento control. Este efecto puede ser explicado debido a que cuando se realiza una inclusión lipídica en la dieta de aves, el C18:1 tiende a disminuir (Mazalli et al., 2004), debido a que el C18:1 es precursor de los ácidos grasos de las cadenas n-3 y n-6. Cabe resaltar que, el ácido C18:1 representa gran importancia en la salud humana, una vez que este, está relacionado con propiedades benéficas, como la reducción de la oxidación del LDL-Colesterol (Angelis, 2001). Por otro lado y referente a los ácidos grasos monoinsaturados de la serie n-7, en estudio realizado por Garg et al. (1988), indicaron que la síntesis de estos ácidos (Palmitoleico y Vaccénico) disminuyó con una dieta con aceite de linaza, mientras que cuando realizaron una adición de aceite de pescado, esta síntesis aumentó. En el presente estudio, este efecto no fue observado, cuando hubo una adición de semilla de linaza en la dieta de gallinas ponedoras. Sin embargo, cuando se adicionó semilla de girasol, este efecto fue verificado, disminuyendo de forma significativa la síntesis de ácido Palmitoleico y Vaccénico, lo cual puede estar explicado por el aumento significativo del total de PUFA obtenido en la yema de huevos de gallinas que recibieron este tratamiento.

Tabla 14. Efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre el perfil de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados de la yema de huevo en gallinas ponedoras de la línea Babcock brown

Ácido graso ¹	Dieta experimental			P
	Control	Semilla girasol	Semilla de linaza	
Mirístico. C14:0	0.25 ± 0.03	0.22 ± 0.01	0.22 ± 0.02	0.351
Miristoleico. C14:1	0.06 ± 0.01 ^a	0.03 ± 0.01 ^b	0.04 ± 0.01 ^{ab}	0.005
Decapentanoico. C15:0	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.593
Palmítico. C16:0	24.5 ± 0.48 ^a	22.4 ± 0.28 ^b	22.6 ± 1.09 ^b	0.020
Palmitoleico. C16:1	2.98 ± 0.21 ^a	1.35 ± 0.49 ^b	2.71 ± 0.43 ^a	0.005
Decaheptanoico. C17:0	0.18 ± 0.03	0.23 ± 0.02	0.19 ± 0.02	0.061
Esteárico. C18:0	7.95 ± 0.33	8.24 ± 0.08	8.46 ± 0.35	0.159
Oleico. C18:1n-9c	43.2 ± 1.10	42.3 ± 0.71	42.0 ± 0.67	0.228
Vaccénico. C18:1n-7	1.95 ± 0.32 ^a	1.06 ± 0.06 ^b	1.55 ± 0.13 ^{ab}	0.005
Trans-Elaídico. C18:1n-9t	0.12 ± 0.03	0.09 ± 0.01	0.12 ± 0.00	0.129
Linoleico. C18:2n-6	14.9 ± 1.92 ^b	19.8 ± 0.31 ^a	13.7 ± 1.45 ^b	0.004
Linolénico C18:3n-3	0.59 ± 0.03 ^b	0.27 ± 0.02 ^b	4.19 ± 0.82 ^a	0.001
Gamma linolénico. C18:3n-6	0.08 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.05 ± 0.04	0.078
Dihomogamalinolénico. C20:3n-6	0.14 ± 0.02 ^{ab}	0.17 ± 0.01 ^a	0.12 ± 0.01 ^b	0.008
Araquidónico. C20:4n-6	1.82 ± 0.06 ^b	2.14 ± 0.00 ^a	1.18 ± 0.10 ^c	0.001
Eicosapentaenoico. C20:5n-3 (EPA)	N.D.	N.D.	0.09 ± 0.02	-
Heneicosanoico. C21:0	0.15 ± 0.01 ^b	0.18 ± 0.01 ^a	0.15 ± 0.01 ^b	0.026
Docosapentaenoico. C22:5n-3 (DPA)	0.13 ± 0.01 ^b	0.08 ± 0.01 ^b	0.38 ± 0.06 ^a	0.001
Docosahexaenoico. C22:6n-3 (DHA)	0.89 ± 0.04 ^b	0.63 ± 0.05 ^b	2.26 ± 0.25 ^a	0.001

(a-b) letras diferentes en la fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$). N.D: No detectado. ¹ácidos grasos se expresan en porcentaje (%) de muestra

*Análisis realizado en Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

Referente al ácido graso trans-Elaídico, algunos estudios indican que el nivel de este ácido en el huevo está relacionado con el contenido del mismo en la dieta (Yin et al., 2008). Resultados de la presencia de ácido trans-Elaídico son de gran importancia, teniendo en cuenta las preocupaciones actuales con respecto a la presencia de ácidos grasos *trans* en la dieta. Sin embargo, cuando hay presencia de estos, la contribución de energía alimentaria de tales ácidos grasos tiene que ser de menos de 1% debido a su efecto negativo sobre el aumento de LDL-Colesterol y la disminución de HDL-Colesterol en sangre (Mensink y Katan, 1990; Lichtenstein et al., 1999). Los resultados obtenidos para este ácido no indican un efecto negativo, puesto que el rango obtenido se encontró en 0.12; 0.09 y 0.12, para los tratamientos control, girasol y linaza, respectivamente, es decir por debajo de lo sugerido (1%) como contribuyente para el aumento del LDL y VLDL. Es de gran importancia resaltar, que los ácidos grasos trans, en su mayoría, son absorbidos, transportados e incorporados en los tejidos de la misma manera que los isómeros cis (Brisson, 1982; Wood, 1979; Kinsella et al., 1981; Zevenbergen et al., 1988). Sin embargo, existen algunas diferencias en el grado de incorporación en triacilglicéridos simples o complejos, además de la velocidad con que ellos son metabolizados. Su incorporación en los tejidos depende de su concentración dietética e isómero (Wood, 1979; Schrijver y Privet, 1982; Astorg y Chevalier, 1987). Los ácidos grasos trans, debido a su estructura, tienen más parecido con los ácidos grasos saturados que con los isómeros cis, teniendo puntos de fusión más elevados y son esterificados preferencialmente en las posiciones 1 y 3 (Beare-Rogers et al., 1979).

Para los ácidos grasos poliinsaturados (Tabla 14) encontrados en la yema de huevo, el ácido Gamma linolénico (C18:3n-6), no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los grupos experimentales. Para los ácidos Linolénico (C18:3n-3) y sus radicales Docosapentaenoico (C22:5n-3) y Docosahexaenoico (C22:6n-3), el tratamiento con semilla de linaza aumentó de forma significativa ($p < 0.001$), la composición de estos ácidos en 7.10 (610%); 2.92 (192%) y 2.54 (153%) veces, respectivamente, respecto al tratamiento control. El ácido graso Eicosapentaenoico (C20:5n-3) no fue detectado en la yema de huevos de los tratamientos control y de semilla de girasol, siendo únicamente encontrado en huevos del tratamiento con semilla de linaza. Referente al contenido de ácido Linoleico (C18:2n-6) en la yema del huevo, este aumentó significativamente ($p < 0,05$) en el tratamiento con semilla de girasol, cuando comparado con los demás tratamientos que no presentaron diferencias significativas entre sí. El ácido Dihomogamalinolénico (C20:3n-6) fue mayor en las muestras obtenidas para el tratamiento con semilla de girasol, en comparación con el tratamiento de linaza y no se diferenció de estos dos, el tratamiento control. Para la composición de ácido araquidónico (C20:4n-6) en la yema de huevo, todos los tratamientos presentaron diferencias significativas entre sí ($p < 0.001$), siendo observado un aumento de este ácido de un 18% para el tratamiento con semilla de girasol y una reducción de 35% para el tratamiento con semilla de linaza, cuando comparados con el tratamiento control. Cabe indicar que el ácido Linoleico (LA) es metabolizado en ácido araquidónico (AA), mientras que el ácido Linolénico (LNA) se metaboliza a ácido Eicosapentaenoico (EPA), ácido Docosapentaenoico (DPA) y ácido Docosahexanoico (DHA) en el cuerpo (Simopoulos, 2000). De acuerdo a esto, estos ácidos son sintetizados a partir de LA y LNA (Meluzzi et al., 2000).

Referente a la síntesis de PUFA de la serie n-3, puede decirse que la linaza es una de las fuentes vegetales más concentradas de LNA disponible en el alimento para gallinas ponedoras (Scheideler et al., 1998) lo que

puede aumentar de forma significativa el contenido de PUFA n-3 en las yemas de huevos de gallinas alimentadas con esta semilla (Aymond y Elswyk, 1995). Estudios han demostrado que con semillas o aceite de linaza, el principal ácido graso PUFA n-3 incorporado en la yema de huevo es el LNA, aunque también pueden depositarse cantidades significativas de DPA y DHA (Scheideler y Froning, 1996; Bean y Leeson, 2003), efecto este observado en el presente experimento. En resumen, puede decirse que gallinas alimentadas con dietas que contienen linaza, producen huevos con altos contenidos de PUFA n-3 en el siguiente orden: LNA>DHA>DPA>EPA (Sim y Qi, 1995), tal como observado en el presente estudio (Tabla 14). Esto indica que las gallinas ponedoras pueden convertir el LNA en la dieta en EPA, DPA y DHA a través del sistema enzimático desaturasa y elongasa. Se ha informado que los seres humanos tienen una capacidad limitada para convertir LNA en EPA y DHA, motivo por el cual el enriquecimiento de huevos de gallina con PUFA n-3 deben ser considerados como una fuente dietética de EPA y DHA valiosa para los seres humanos (Baucells et al., 2000). Por otro lado, referente al porcentaje de DHA encontrado en las yemas de huevos de gallinas suplementadas con semilla de linaza, estas fueron significativamente superiores ($p<0,05$) en comparación a las yemas de huevo provenientes de los demás tratamientos. Estos resultados establecen una relación directa entre la composición en ácidos grasos de las semillas utilizadas en las dietas experimentales y la composición de ácidos grasos de las yemas de los huevos provenientes de cada una de las dietas recibidas. Oliveira et al (2010), observó efecto similar al descrito en el presente experimento, donde el ácido DHA fue aumentado en la yema de huevos de gallinas que recibieron aceite de linaza, mientras que presentó menor concentración para las yemas de huevos de aves alimentadas con aceite de girasol o con el tratamiento control. En lo que se refiere al DHA, Carrillo-Dominguez et al. (2005) relataron que el aumento de los niveles de este ácido graso puede ser resultante de la desaturación y elongación del LNA que ocurre en el hígado de las gallinas ponedoras. De esta forma, los mayores niveles de LNA en la dieta con semillas de linaza pudieron haber llevado al aumento de la formación de DHA en la yema de los huevos. Además de ello, cabe resaltar la importancia de este ácido graso en la salud humana, una vez que desempeña importantes funciones en el desarrollo y funcionamiento del cerebro y de la retina (Martin et al., 2006). Delante de eso, Baucells et al. (2000) sugirieron que huevos provenientes de gallinas ponedoras alimentadas con dietas ricas en ácidos grasos poliinsaturados, pueden ser considerados una buena fuente de DHA en la dieta humana, una vez que, el organismo humano presenta limitaciones en la formación de DHA a partir del LNA.

Referente al ácido EPA, en el presente estudio fue detectado este ácido únicamente en las yemas de los huevos de aves que fueron alimentadas con linaza, resultados estos, similares a los de Pita et al. (2006) quienes encontraron EPA únicamente en las aves suplementadas con semilla de linaza en una inclusión de 20% de la MS al compararlas con aves alimentadas con aceite de canola en inclusión de 6% de la MS. De igual forma, Oliveira et al. (2010), observaron también una deposición de EPA en las yemas de huevos alimentadas con 3.4% de aceite de linaza en la dieta, en comparación a las yemas de huevos de gallinas alimentadas con otras fuentes lipídicas como el aceite de soya o de girasol, en los cuales no encontraron presencia de EPA. Por otro lado, estos autores observaron también que gallinas jóvenes lograron depositar una mayor cantidad de EPA en las yemas de huevos al compararlas con gallinas viejas también alimentadas con aceite de linaza (3.4% de la MS). Por otro lado, en este estudio los niveles de DHA encontrados en la yema de huevos, fueron muy superiores a los de EPA, efecto similar a lo observado por Marshall et al. (1994),

Baucells et al. (2000) y Oliveira et al. (2010). Se debe considerar que el ácido graso EPA es un ácido graso intermediario en la formación del DHA a partir del ácido linolénico (Oliveira et al., 2010), motivo por el cual su proporción siempre debe ser menor a la de DHA.

En estudio realizado por Ansari et al (2006), la inclusión de linaza en niveles de 0, 5, 10 y 15% del total de la dieta, no afectó el contenido lípidos totales de las yemas de los huevos en cualquier nivel. Sin embargo, los ácidos grasos saturados disminuyeron y los ácidos grasos insaturados aumentaron linealmente con el aumento del nivel de inclusión de semilla de linaza en la dieta. Van Elswyk (1997a) encontró que la semilla de linaza en la dieta de gallinas aumentó de forma lineal en la yema de huevo el total de PUFA n-3. También indicó que con una inclusión de 15% de linaza en la dieta, hubo un aumento entre 2 a 3 mg de EPA y DPA en la yema de huevo en comparación al tratamiento control. Por otro lado, Pita et al., (2006), indicó que la inclusión de 20% de semilla de linaza en la ración de las gallinas ponedoras aumentó de forma significativa la incorporación de PUFA n-3 en las yemas de huevo, principalmente de LNA y EPA. Ferrier et al. (1995) calcularon que un huevo de una gallina alimentada con una dieta con 10% de linaza puede suministrar el 30% de la necesidad diaria (1,1 a 1,5 PUFA por día) del total de PUFA n-3 que requiere un humano. De acuerdo a esto, los autores indicaron que ese huevo enriquecido proporciona alrededor de 264 mg de LNA, 10 mg de EPA y 82 mg de DHA. La alimentación con linaza en la dieta de gallinas ha dado como resultado en los huevos un alto nivel de LNA, EPA y DHA, y un menor contenido de LA en comparación a dietas con soja o cacahuete (Beynen, 2004). Shapira et al. (2008) concluyeron que los huevos provenientes de gallinas alimentadas con 5% de linaza, presentaron un aumento de 3.8% de la concentración total de PUFA n-3 en comparación a los huevos del tratamiento control. Además de ello, los autores observaron un aumento de 6.8 veces de LNA y 2.4 veces de DHA, cuando compararon los huevos enriquecidos con linaza con el tratamiento control, siendo este aumento semejante al observado en el presente experimento cuando se adicionó linaza (7.10 y 2.54 de LNA y DHA, respectivamente) en la dieta de las gallinas. Por otro lado, la relación n-6:n-3 se redujo 3,6 veces respecto al tratamiento control.

Referente a la síntesis de PUFA de la serie n-6, es conocido que el ácido linoleico (LA) se convierte en ácido araquidónico (AA) por desaturasas y elongasas (Grynberg, 2005). Sin embargo, es de gran importancia resaltar que el enriquecimiento dietético con PUFA de la serie n-3 puede reducir las actividades de Δ -5, Δ -6 y Δ -9 desaturasas en el microsoma hepático (Christiansen et al., 1991). De acuerdo a esto, la elongación y la desaturación de PUFA de la serie n-6 disminuye en aves alimentadas con dieta altas en omega 3. Esta disminución en la actividad enzimática es probablemente debido a la competencia con de la enzima Δ -6 desaturasa con el LNA para la bioconversión de PUFA de la serie n-3 (Watkins, 1995; Shimizu et al., 2001). Los resultados obtenidos en el presente experimento sugieren que el aumento del nivel de insaturación y los niveles más altos de PUFA de la serie n-3 para el tratamiento con semilla de linaza, disminuyeron la conversión de ácido linoleico en ácido araquidónico en los huevos, mientras que para el tratamiento con semilla de girasol fue observado un efecto contrario, siendo que fue posible aumentar la síntesis de ácido araquidónico a partir de ácido linoleico, para este tratamiento. Debido a la competencia que existe entre LA y LNA, donde actúa la misma enzima para su biosíntesis, la Δ -9 desaturasa, los niveles de síntesis de ácido araquidónico (AA) a partir de LA disminuyen al incluir en la dieta alimentos ricos en omega 3, como se

mencionó anteriormente, efecto este observado en el presente experimento cuando hubo una inclusión de una fuente rica en omega 3 como lo es la semilla de linaza. Varios estudios, han indicado que el aumento de la cantidad de PUFA n-3 en la yema de huevo es acompañado de una disminución en ácidos PUFA n-6, especialmente del ácido araquidónico (Bean y Leeson, 2003; Hayat et al, 2009; Jiang et al., 1991), debido a la competencia de la enzima Δ -9 desaturasa, principalmente, necesaria para la conversión de ácido linolénico en EPA. Además, se ha sugerido que los PUFA n-3 se incorporan preferentemente en las membranas biológicas a expensas de los PUFA n-6 (Herber y Van Elswyk, 1996). La concentración de C20:4n-6 en la yema de los huevos del tratamiento con semillas de girasol fue alta en comparación al tratamiento con semilla de linaza, lo que indica la síntesis de novo de su precursor el ácido linoleico, siendo la concentración de este último, también mayor en los huevos del tratamiento con semilla de girasol. Resultados semejantes fueron obtenidos por Baucells et al. (2000), quienes observaron mayor concentración de C20:4n-6 en huevos de aves alimentadas con aceite de girasol. Por otro lado, cabe resaltar que, la presencia de altas cantidades de PUFA de la serie n-6 en la dieta con semilla de girasol pudo haber aumentado la competencia por las enzimas desaturasas, causando una disminución en la eficiencia de conversión de ALA (Cachaldora et al., 2008). Por otro lado, Fredriksson et al. (2006) estimaron que la edad y la tensión de las gallinas tienen un efecto sobre la eficiencia de la elongación y desaturación de ALA. En este estudio los autores postularon que gallinas viejas tienen un hígado más grande cuando comparadas con gallinas jóvenes, lo que permite una mayor conversión de ALA en DHA, sin embargo este efecto aún es contradictorio con otros estudios.

En general, puede decirse que la composición de ácidos grasos en la yema de huevo depende de una combinación de la síntesis de lípidos en el hígado, la captación hepática y los componentes lipídicos de la dieta (Sim y Qi, 1995). El efecto de la adición de fuentes lipídicas en la dieta de gallinas ponedoras sobre el perfil de ácidos grasos de la yema es influenciado en gran magnitud por la fuente lipídica adicionada a la dieta (Caston y Leeson, 1990; Jiang et al, 1992; Scheideler y Froning, 1996), principalmente cuando se trata de una fuente rica en ácidos grasos poliinsaturados. Por otro lado, es de gran importancia resaltar que durante los últimos 20 años, la influencia y beneficios de la suplementación de la dieta con aceite o semilla de linaza sobre las características y calidad en cuanto a perfil de ácidos grasos del huevo de gallina, se ha venido estudiando cada vez más. Desde finales de la década de los noventa, huevos enriquecidos con PUFA de la serie n-3 y producidos a través de la suplementación alimenticia con linaza se han convertido en un producto disponible en el mercado en muchos países (Surai y Sparks, 2001), principalmente en países europeos, siendo este un producto que cada vez viene cobrando mayor importancia para la salud humana.

6. CONCLUSIONES

La inclusión de fuentes lipídicas en forma de semilla en un nivel de 13.5% no afectó el consumo de materia seca de las aves, sin embargo, fue observado un efecto negativo sobre la producción de huevo y la conversión alimenticia por docena de huevo producido, principalmente para el tratamiento con semilla de girasol, siendo este efecto atribuido a la posible presencia de factores anti-nutricionales y al aumento en el consumo de fibra presente en la semilla de girasol, factores estos, que perjudicaron la digestión, la tasa de pasaje y la absorción de nutrientes productores de energía para las aves lo que se reflejó en una menor producción.

La administración de fuentes altas en ácidos grasos omega 3 y omega 6 presentes en las semillas de linaza y de girasol en una inclusión de 13,5% en la dieta de gallinas ponedoras no alteraron las características de calidad de huevo. Por lo tanto, se torna de gran interés el evaluar los efectos de estas semillas en un nivel de inclusión en la dieta más alto al utilizado en el presente experimento.

La inclusión de 13.5% de linaza en la dieta de gallinas ponedoras incrementó el contenido total de ácidos grasos omega 3, logrando incorporar en la yema de huevo el ácido Linolénico seguido de sus radicales los ácidos grasos Docosahexaenoico, Docosapentaenoico y Eicosapentaenoico a través del sistema enzimático desaturasa y elongasa, caracterizando estos huevos como una fuente dietética valiosa para la nutrición humana, debido a la incapacidad de los humanos en convertir el ácido linolénico en ácidos Eicosapentaenoico y Docosahexaenoico.

Fue observada una disminución de grasas saturadas en los huevos de aves alimentadas con fuentes lipídicas en forma de semillas en comparación con el tratamiento control, el cual este último aumentó los niveles de grasas saturadas. Esto indica que la inclusión lipídica en un nivel de 13.5% en forma de semilla, contribuye con mejoras del perfil lipídico del huevo de aves ponedoras.

La adición de semilla de linaza en la dieta de gallinas ponedoras llevó a una producción de huevos enriquecidos con omega 3, con un excelente equilibrio de la relación omega-6:omega-3, considerando estos como un producto benéfico para la salud humana. Mientras que, la semilla de girasol mostró la peor relación omega-6: omega-3, reduciendo así la calidad del producto final.

7. RECOMENDACIONES

Para próximos experimentos es necesario moler las semillas puesto pueden generar un bajo consumo por parte de las aves, lo que se puede reflejar en una baja producción de huevo. Esto se debe a que las aves por tener el pico corto no son capaces de consumir semillas grandes in natura.

Se recomienda tener un periodo de adaptación más largo de la dieta si es posible desde las primeras semanas de edad de aves para evitar cualquier factor de estrés de adaptación a una nueva dieta.

8. BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, M. (2014). Determinantes Del Desarrollo En La Avicultura En Colombia: Instituciones, Organizaciones Y Tecnología. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional. Banco de la República – Sucursal Cartagena. Número 214. ISSN 1692-3715. pp19.

AHA. (1999). Homocysteine, folic acid and cardiovascular disease. American Heart Association. www.americanheart.org/Heart_and_Stroke_A_ZGuide/homocys.html (Cons. 27/08/2016)

Angelis, R.C. (2001). Novos conceitos em nutrição: reflexões a respeito do elo dieta e saúde. Arquivos de Gastroenterologia, São Paulo. 38(4): 269-271.

Ansari, R., Azarbayejani, A., Ansari, S., Asgari, S., Gheisari, A. (2006). Production of egg enriched with omega-3 fatty acids in laying hens. ARYA J. 1: 242– 246.

Antruejo, A. (2010). Obtención De Huevos De Gallinas Para Consumo De Calidad Diferenciada, Incrementando La Proporción De Ácidos Grasos Omega-3 Y Reduciendo El Contenido De Colesterol (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional De Rosario Facultad De Ciencias Veterinarias. Casilda, Santa Fe, Argentina.

AOAC. (2006). Association Of Official Analytical Chemists. Official Methods Of Analyses. 18th Ed. Gaithersburg Md, Usa.

Arija, I; Viveros A; Brenes, A; Canales, R. (1999). Study of nutritive value of full-fat sunflower kernels in diets for growing chickens and its effect on fatty acids concentration of abdominal fat. Arch. Zootec. Madrid. España. 48: 249-259.

Astiasaran, I; Martínez, J. Huevos. (2003). En: Alimentos. Composición Y Propiedades. Mc Graw Hill-Interamericana. España. pp. 585-889.

Astorg, P.O.; Chevalier, J. (1987). Polyunsaturated fatty acids in tissues of rats fed trielaidin and high or low levels of linolenic acid –Lipids. 22:1025-1030.

Aydin R., Cook ME. (2004).The effect of dietary conjugated linoleic acid on egg yolk fatty acids and hatchability in Japanese quail. Poult Sci. 83(12):2016-22.

Aymond, W.M.; Van Elswyk M.E. (1995). Yolk thiobarbituric acid reactive substances and n-3 fatty acids in response to whole and ground. Poult Sci. 80:1496-1505.

Barroeta, A. (2013). Formación del Huevo. Lecciones del Huevo. Departamento De Ciencia Animal Idels Alimentos. Universidad Autónoma. Barcelona. Pág. 46-47-48.

Barroeta, A. (2008). El huevo y sus componentes como alimento funcional. Departament De Ciencia Animal Idels Aliments. Universitat Autònoma De Barcelona. 08193 Bellaterra, Barcelona.

- Baucells, M; Crespo, N; Barroeta, A; Lopez-Ferrer, S; Grashorn, M. (2000). Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Science*. 79:51–59.
- Bean, L; Leeson, S. (2003). Long-term effects of feeding flaxseed on performance and egg fatty acid composition of brown and white hens. *Poultry Science* 82:388–394
- Beare-Rogers, J.L., Gray, B. y Hollywood, R. (1979). The linoleic acid and trans fatty acids of margarines. *Journal. Am. Clin. Nutr.* 32:1805-1809.
- Bernal, M; Xavier J; Mancini, F. (2003). Estabilidad Oxidativa De Huevos Enriquecidos Con Ácidos Grasos Poliinsaturados Omega 3, Frente A Antioxidantes Naturales. *Rev. Bras. Cienc. Farm.* 39(4): 426-432.
- Betancourt, L; Diaz, G. (2009). Egg enrichment with omega-3 fatty acids by means of flaxseed supplement (*Linum usitatissimum*) in the diet. *Rev.Mvz Córdoba* 14(1):1602-1610.
- Beynen, A.(2004). Fatty acid composition of eggs produced by hens fed diets containing groundnut, soya bean or linseed. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*. 52:3-10.
- Brisson, G.J. (1982). *Lipids in Human Nutrition*. 2nd Ed.-MTP Press, Lancaster.
- Briz, R.C. (1997). Ovos com teores mais elevados de ácidos graxos ômega 3. *Anais. VII Simpósio Técnico de Produção de Ovos – APA*. Indaiatuba. p.153-193.
- Burr G, Burr M. (1930). On the nature and role of fatty acids essential in nutrition. *J Biol Chem*; 86:587– 621.
- Buxadé, C., Et Al. (2000). *La gallina ponedora sistemas de producción y técnicas de producción*. Segunda Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. p. 443-444.
- Buxadé, C., Et Al. (1995). *Bases de producción animal. Avicultura clásica y complementaria*. Tomo V. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. p. 270-271.
- Cachaldora, P.; Garcia-Rebollar, P.; Alvarez, C.; De Blas, J. C.; Mendez, J. (2008). Effect of type and level of basal fat and level of fish oil supplementation on yolk fat composition and n-3 fatty acids deposition efficiency in laying hens. *Animal Feed Science and Technology*, 141:104–114.
- Campos, M. (2010). *Un Huevo En Mi Laboratorio. Formación*. Madrid. pp 195.
- Caravaca, F; Castel, J; Guzmán. L; Delgado, M; Mena, Y; Alcalde, J. et al. (2003). *Bases De La Producción Animal*. Editorial Sevilla. España. pp. 466.
- Carrillo, S; Ávil, E; Vásquez, C; Calvo, C; Carranco, M; Pérez, F. (2012). Modulation in egg fatty acids composition when laying hens diets are supplemented with sardine oil and conjugated linoleic acid. *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México. Arch Med Vet.* 44: 243-251.

- Carrillo-Dominguez, S.; Carranco-Jauregui, I.M.E.; Castillo-Domynguez, R.M.; Castro-Gonzalez, M.I. (2005) Cholesterol and n-3 and n-6 fatty acid content in eggs from laying hens fed with red crab meal (*Pleuroncodes planipes*). *Poult. Sci.* 84:167–172.
- Castillo, R. (2004). Efecto del aceite de sardina sobre el contenido de colesterol y ácidos grasos ω -3 y ω -6 en huevo de gallina. (Tesis de Maestría). Universidad de Colima. Área de Biociencia. Tecomán, Colima. p. 59.
- Caston, L.J.; Squires, E.J.; Leeson, S. (1994) Hen performance, egg quality and the sensory evaluation of eggs from SCWL hens fed dietary flax. *Can J of Anim Sci*; 74:347-353.
- Caston, L.; S. Leeson, (1990). Research note: Dietary flax and egg composition. *Poultry Sci.* 69:1617–1620.
- Celebi, S; Macit, M. (2008). The effects of sources of supplemental fat on performance, egg quality, and fatty acid composition of egg yolk in laying hens. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 88:2382–2387.
- Christiansen, E. N.; Lund, J. S.; Rortveit, T.; Rustan, A. C. (1991). Effect of dietary n-3 and n-6 fatty acids on fatty acid desaturation in rat liver. *Biochim. Biophys. Acta.* 1082:57–62.
- Coronado, M; Vega, S; Gutiérrez, R; García, B; Díaz, G. (2006). Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: nutrición, bioquímica y salud. *Reb* 25(3): 72-79.
- Dunn-Horrocks, S.; Pichardo, M.; Lee, J.; Ruiz-Feria, C.; Creger, C.; Hyatt, D.; Stringfellow, K., et al. (2011) Effect of omega-3 enriched layer rations on egg quality. *Int. J. Poul. Sci.*, 10(1), 8–11.
- Durán, A; Aguila, T; Villanueva, I.; Castillo, P.; Barrios De Tomasi, J. (2014). The intake of omega-3 fatty acids improve cognitive skills of healthy children. *Revista Salud Quintana Roo. Universidad De Quintana Roo. México.* 7(27):19-22.
- Estrada, M; Galeano, L; Herrera, M; Restrepo, L. (2010). Efecto de la temperatura y el volteo durante el Almacenamiento sobre la calidad del huevo comercial. Universidad de Antioquia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 23:183-190 .
- Fernández, M; Lobato, A. (2009). *El Gran Libro Del Huevo. Proteínas Y Minerales.* Instituto De Estudios Del Huevo. Ed. Everest, S.A. Madrid. pp 40.
- Ferrier, L. K.; Caston, L. J.; Leeson, S.; Squires, J.; Weaver, B. J.; Holub, B. J. (1995). α -Linolenic acid- and docosahexaenoic acid-enriched eggs from hens fed flaxseed: Influence on blood lipids and platelet phospholipid fatty acids in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 62:81–86.
- Folch, J.; Lees, M.; Sloane, G. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem.* 226: 497-507.
- Fredriksson, S.; Elwinger, K., Pickova, J. (2006). Fatty acid and carotenoid composition of egg yolk as an effect of microalgae addition to feed formula for laying hens. *Food Chem.* 99(3): 530–537.

Galobart, J.; Barroeta, A.C., Baucells, M.D. et al. (2001). Lipid oxidation in fresh and spray-dried eggs enriched with n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids during storage as affected by dietary vitamin E and canthaxanthin supplementation. *Poultry Science*. 80:327-337.

Gao, Y; Charter, E. (2000). Nutritionally Important Fatty Acids in Hen Egg Yolks from Different Sources. *Poultry Science* 79:921–924.

Garg, ML; Wierzbicki, AA; Thomson, AB; Clandinin, MT. (1988). Dietary cholesterol and/or n-3 fatty acid modulate delta-9 desaturase activity in rat liver microsomes. *Biochemical and Biophysical Acta* 962, 330-336.

Goncuglu, E.; Ergun, A. (2004) The effect of linseed oil to egg quality, fatty acids and cholesterol content of egg yolk in laying hens. 22nd World Poultry Congress, Istanbul, Turkey 2004.

Gonzalez-Esquerria, R.; Leeson, S. (2000) Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, Yolk fatty acid profile, and sensory quality of eggs. *Poult. Sci.*, 79, 1597– 1602.

Grobas, S; Méndez, J; Lázaro, R; Blas, C; Mateos, G. (2001). Influence of Source and Percentage of Fat Added to Diet on Performance and Fatty Acid Composition of Egg Yolks of Two Strains of Laying Hens. *Poultry Science* 80:1171–1179.

Grynberg A. (2005). Hypertension prevention: from nutrients to (fortified) foods to dietary patterns. Focus on fatty acids. *Journal of Human Hypertension* 19:25-33.

Hayat, Z.; Cherian, G.; Pasha, T. N.; Khattak, F. M.; Jabbar, M. A. (2009). Effect of feeding flax and two types of antioxidants on egg production, egg quality, and lipid composition of eggs. *J. Appl. Poult. Res.* 18:541–551.

Herber, S. M.; Van Elswyk, M. E. (1996). Dietary marine algae promotes efficient deposition of n–3 fattyacids for the production of enriched shell eggs. *Poultry Science*, 75:1501–1507.

Hidalgo, A.; Rossi, M.; Clerici, F.; Ratti, S. (2008). A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. *Food Chemistry*, 1031–1038.

Huthail, N; Yousef, M; Al-Yousef. (2010). Essential fatty acid content of eggs and performance of Layer Hens fed with different levels of full-fat flaxseed. *Journal of Cell and Animal Biology*, 4(3):58-63.

Jensen, L.S.; Allred, J.B.; Fry, R.E.; McGinnis, J. (1958). Evidence for an unidentified factor necessary for maximum egg weight in chickens. *J. Nutr.*, 65:219– 223.

Jiang, Z., D. U. Ahn, L. Ladner, and J. S. Sim. 1992. Influence of full fat flax and sunflower seeds on internal and sensory quality of yolk. *Poult. Sci.* 71:378–382.

Jiang Z; Ahn U; Ladner L; Sim JS. (1991). Influence of feeding full-fat and sunflower seeds on internal and sensory qualities of eggs. *Poultry Science*; 71:378-382.

Karunajeewa H; Than SH; Abu-Serewa S. (1989). Sunflower seed meal, sunflower oil and full-fat sunflower seeds, hulls and kernels for laying hens. *Animal Feed Science Technology*; 26:45-54.

- Kinsella, J.E.; Bruckner, G.; Mai, J.; Shimp, J. (1981). Metabolism of trans fatty acids with emphasis on the effects of trans, trans-octadecadienoate on lipid composition, essential fatty acid, and prostaglandins: an overview. *Am. J. Clin. Nutr.* 34:2307-2318.
- Lenzi, A; Teles, G; Guzmán, A. (2011). Influence of omega-3 fatty acids from the flaxseed (*Linum usitatissimum*) on the brain development of newborn rats. *Nutr. Hosp.*, Madrid, V. 26, N. 5
- Lichtenstein AH; Ausman LM; Jalbert SM; Schaefer EJ. (1999). Effects of different forms of dietary hydrogenated fats on serum lipoprotein cholesterol levels. *New England Journal of Medicine*, 340:1933-1940.
- Magalhães, T; Lima, L; Gaspar, A; Souza, A. (2010). Teores de ácidos graxos em ovos comerciais convencionais e modificados com ômega-3. *R. Bras. Zootec.* 39(8):1733-1739.
- March, B.E.; Macmillan, C. (1990). Linoleic acid as a mediator of egg size. *Poultry Science*, 69:634-639, 1990.
- Marshall, A. C.; Kubena, K. S.; Hinton, K. R.; Hargis, P. S.; Van Elswyk, M. E. (1994). n-3 Fatty acid-enriched table eggs - A survey of consumer acceptability. *Poultry Sci.* 73:1334-1340.
- Martin, C.A, Almeida, V.V., Ruiz, M.R., Visentainer, J.E.L., Matshushita, M., Souza, N.E. et al. (2006). Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. *Revista de Nutrição*, 19(6), 761-770.
- Masson, L.; Mella, M. (1985) *Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile*. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Ed. Universitaria, Universidad de Chile, 1985.
- Mazalli, M; Faria, D; Salvador, D; Ito, D. (2004). A comparison of the feeding value of different sources of fat for laying hens: 2. Lipid, cholesterol, and vitamin E profiles of egg yolk. *J. Appl. Poult. Res.* 13:280-290.
- Melo T.V., Ferreira, R.A., Oliveira, V.C., Carneiro, J.B.A., Moura, A.M.A., Silva, C.S., y Nery, V.L.H. (2008). Calidad del huevo de codornices utilizando harina de algas marinas y fosfato monoamónico. *Archivos de zootecnia*, 57(219): 313-319.
- Meluzzi, A.; Sirri, F.; Manfreda, G. et al. (2000). Effects of dietary vitamin E on the quality of table eggs enriched with n-3 long chain fatty acids. *Poultry Science*, 79:539-545.
- Mensink RP; Katan MB. (1990). Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *New England Journal of Medicine*, 323:439-445.
- Mercadé, A. (22 De Septiembre 2010). El Huevo: Formación, Estructura Y Composición. [Mensaje En Un Blog]. Recuperado de <https://transformandoelinfierno.com/2010/09/22/el-huevo-formacion-estructura-y-composicion/>.
- Novak, C.; Scheideler, S.E. (2001). Long-term effects of feeding flaxseed based diets. 1. Egg production parameters, components, and eggshell quality in two strains of laying hens. *Poultry Science*. 80:1480-1489.

N.R.C. (1994). Nutrient Requirements of Poultry. National Research Council 9^a edition, National Academy Press, Washington, D.C. USA.

Oliveira, D.D. (2008). Fontes de lipídios na dieta de poedeiras: efeito sobre a produção E o perfil de ácidos graxos na gema. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária. 49 p.

Oliveira, D; Baiao, N; Cancado,S; Grimaldi,R; Souza,M; Lara,L; Lana,A. (2010). Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks. Poultry Science 89 :2484–2490.

Patterson P.; Koelkebeck D.; Bell J.; Carey K.; Darre M. (2001). Egg marketing national supermarkets: speciality eggs- Part 2. Poult Sci. 80: 390-395.

Pita, M; Piber, E; Carvalho, P; Mendonca, C. (2006). Efeito da suplementacao de linhaca, oleo de canola e vitamina E na dieta sobre as concentracoes de acidos graxos poliinsaturados em ovos de galinha. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 58:925–931.

Rizzi, L.; Bochicchio, D.; Bargellini, A.; Parazza, P.; Simioli, M. (2009). Effects of dietary microalgae, other lipid sources, inorganic selenium and iodine on yolk n–3 fatty acid composition, selenium content and quality of eggs in laying hens. Journal of the Science of Food and Agriculture, 89: 1775–1781.

Rodríguez, M; Armando R.; Tovar, A; Prado, M.; Torres, N. (2005). Mecanismos moleculares de acción de los ácidos grasos poliinsaturados y sus beneficios en la salud. Revista De Investigación Clínica, 57(3):457-472.

Rose, S. (1997). Principios De La Ciencia Avícola. Calidad Del Huevo. De La Edición En La Lengua Española. Editorial Acribia, S. A., Apartado 466 50080. España. pp.151.

Ruales, J.; De Grijalva, Y.; López-Jaramillo, P.; Nair, B. (2002).The nutritional quality of an infant food from quinoa and its effect on the plasma level of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) in undernourished children. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 53:143 – 154.

Santana, S. (2008). El huevo como aliado de la nutrición y la salud. Rev Cubana Aliment Nutr. 18(2):1-15.

Santos, M; Espíndola, G; Lôbo, R; Fuentes, M; Carvalho, L; Santos, A. (2009). Performance and quality of eggs of commercial laying hens submitted to the diets with different vegetal oils. Rev. Bras. Saúde Prod. An. 10(3):654-667.

Scheideler, S. E.; Jaroni, D.; Froning, G. (1998). Strain and age effects on egg composition from hens fed diets rich in n-3 fatty acids. Poult. Sci. 77:192–196.

Scheideler SE; Froning GW. (1996). The combined influence of dietary flaxseed variety, level, form, and storage conditions on egg production and composition among vitamin E-supplemented hens. Poult Sci. 75:1221–1226.

Schreiner, M.; Hulan, H; Razzazi-Fazeli, E; Bohm, J; Iben, C. (2004). Feeding laying hens seal blubber oil: Effects on egg yolk incorporation, stereospecific distribution of omega-3 fatty acids, and sensory aspects. Poult. Sci. 83:462–473.

Schrijver, R.; Privet, O.R. (1982). Interrelationship between dietary trans fatty acids and 6- and 9- desaturases in the rat. *Lipids*. 17:27-34.

Shafey, T.M.; Dingle, J.G.; McDonald, M.W.; Kostner, K. (2003) Effect of type of grain and oil supplement on the performance, blood lipoproteins, egg cholesterol and fatty acids of laying hens. *Int. J. Poult. Sci.* 2:200–206.

Shapira, N.; Weill, P.; Loewenbach, R. (2008) Egg fortification with n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA): Nutritional benefits versus high n-6 PUFA western diets, and consumer acceptance. *I. M. A. J.*, 10:262– 265.

Shi, R; Lu, J; Tong, H; Zou, J; Wang, H. (2012). Effects of graded replacement of soybean meal by sunflower seed meal in laying hen diets on hen performance, egg quality, egg fatty acid composition, and cholesterol content. *Poultry Science Association, Inc. J. Appl. Poult. Res.* 21 :367–374.

Shimizu, Y., K. Arai, S. Ise, and H. Shimasaki. (2001). Dietary fish oil for hens affects the fatty acid composition of egg yolk phospholipids and gives a valuable food with an ideal balance of n-6 and n-3 essential fatty acids for human nutrition. *J. Oleo Sci.* 50:797–805.

Silva, F; Junqueira, O; Laurentiz, A; Casartelli, E; Rodrigues E; Araújo, F. (2005). Influence of Different Fat Sources on the Performance, Egg Quality, and Lipid Profile of Egg Yolks of Commercial Layers in the Second Laying Cycle. *Poultry Science Association, Res.* 14:258–264.

Sim, J.S. and Qi, G.H. (1995) Designing poultry products using linseed. In: Thompson, L. U. and Cunnane, S. (eds), *Linseed in human nutrition*. American Oil Chemist's Society Press, Washington D.C.

Sosin, E., Borowiec, F., Strzetelski, J. and Smulikowska, S. (2006) The effect of feeding regular or low α -Linolenic acid linseed on the fatty acid composition of egg yolks. *J. Anim. Feed Sci.* 15:641– 650.

Souza, J; Costa, F; Queiroga, R; Silva, J; Schuler, A; Goulart, C. (2008). Fatty Acid Profile of Eggs of Semi-Heavy Layers Fed Feeds containing Linseed Oil. *Brazilian Journal of Poultry Science.* 10(1): 37– 44.

Surai, P. F.; Sparks, N. H. C. (2001). Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. *Trends in Food Science & Technology.* 12:7–16.

Szymożyk, B.; Pisulewski, P.M. (2003). Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition and cholesterol content of hen egg yolks. *British Journal of Nutrition, Cambridge.* 90(1): 93 – 99.

Tello, D; Guerrero, D. (2007). Inclusión de lino "*Linum usitatissimum L.*" en la dieta de ponedoras para la producción de huevos enriquecidos con ácido graso α -linolénico (Omega 3). Universidad De La Salle Facultad De Zootecnia. Bogotá D.C.

Tsuzuki, E; Garcia, E; Murakami, A; Sakamoto, M; Galli, J. (2003). Utilization of sunflower seed in laying hen rations. *Revista Brasileira De Ciência Avícola*, 5(3):179-182.

Uwayjan, M; Azar, E; Dagher, N. (1983). Sunflower seed in laying hen rations. *Poult. Sci.* 62:1247–1253.

Vaca, L. (2003). *Producción Avícola*. Editorial Euned. San José, Costa Rica. pp.100.

- Van Elswyk, M. E. 1997a. Comparison of n-3 fatty acids sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: a review. *Br. J. Nutr.* 78(Suppl. 1): 61–69.
- Van Elswyk, M. E. 1997b. Nutritional and physiological effects of flax seed in diets for laying fowl. *World's Poult. Sci. J.* 53: 253–264.
- Valenzuela, R; Tapia, G; Gonzalez, M; Valenzuela, A. (2011). Omega-3 fatty acids (EPA and DHA) and its application in diverse clinical situations. *Rev Chil Nutr.* 38(3):356-367.
- Vieira SL; Penz Jr AM; Le Boute EM; Corteline J. (1992). A nutritional evaluation of a high fiber sunflower meal. *Journal Applied Poultry Research.* 1:382-388.
- Watkins, B. A. (1995). Biochemical and physiological aspects of polyunsaturates. *Poult. Avian Biol. Rev.* 6:1–18.
- Weill, P.; Schmitt, B. et al. (2002). Effects of introducing linseed in livestock diet on blood fatty acid composition of consumers of animal products. *Ann Nutr Metab* 46(5): 182-191.
- Whitehead, C.C.; Bowman, A.S.; Griffin, H.D. (1993). Regulation of plasma oestrogen by dietary fats in the laying hen: relationships with egg weight. *British Poultry Science.* 34:999-1010.
- Wood, R. (1979). Incorporation of dietary cis and trans octadecenoate isomers in the lipid classes of various rat tissues. *Lipids.* 14:975-982.
- Yalçın H.; Unal MK.; Basmacıoğlu H. (2007). The fatty acid and cholesterol composition of enriched egg yolk lipids obtained by modifying hens' diets with fish oil and flaxseed. *Grasas Y Aceites.* 58:372–378.
- Yang L; Huang Y; James AE; Lam LW; Chen ZY. (2002). Differential incorporation of conjugated linoleic acid isomers into egg yolk lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 50:4941-4946.
- Yannakopoulos A. (2007). Egg enrichment in omega-3 fatty acids. In: Rainer H, López-Fandiño R, Anton M, Schade R (eds). *Bioactive Egg Compounds.* Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp.159-170.
- Yannakopoulos, A.L.; Tserveni-Gousi, A.S.; Yannakakis, S. (1999) Effect of feeding linseed to laying hens on the performance and egg quality and fatty acid composition of egg yolk. *Arch. fur Geflügelkunde.* 63:260–263.
- Yin, J. D.; Shang, X. G.; Li, D. F.; Wang, F. L.; Guan, Y. F.; Wang, Z. Y. (2008). Effects of dietary conjugated linoleic acid on the fatty acid profile and cholesterol content of egg yolks from different breeds of layers. *Poult. Sci.* 87:284–290.
- Zevenbergen, J.L.; Houtsmuller, U.M.T.; Gottenbos, J.J. (1988). Linoleic acid requirement of rats fed trans fatty acids. *Lipids.* 23:178-186.