



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

Área Académica de Química

“Efecto de la suplementación con aceite de hígado de bacalao sobre
gallinas criollas y sus productos”

Tesis

Que para obtener el título de:

Lic. en Química en Alimentos

PRESENTA:

Angélica Nohemi Baños Vargas

DIRECTOR:

Dr. Javier Añorve Morga

CODIRECTORAS:

Dra. Elizabeth Contreras López

Dra. Judith Jaimez Ordaz



Junio, 2011



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
 Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
 Área Académica de Química

M. en A. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO,
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DE LA U.A.E.H.,
Presente:

Por este conducto le comunico que el jurado asignado a la pasante de Licenciatura en Química en Alimentos **BAÑOS VARGAS ANGELICA NOHEMI**, quien presenta el trabajo de titulación **"EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ACEITE DE HÍGADO DE BACALAO SOBRE GALLINAS CRIOLLAS Y SUS PRODUCTOS"** después de revisar el trabajo en reunión de Sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

Presidente	Dr. José Roberto Villagómez Ibarra	
Primer vocal	Dr. Javier Añorve Morga	
Segundo vocal	Dra. Elizabeth Contreras López	
Tercer vocal	Dra. Judith Jaimez Ordaz	
Secretario	Dra. Claudia Romo Gómez	
Primer suplente	Dr. José Antonio Rodríguez Ávila	
Segundo suplente	Dra. Araceli Castañeda Ovando	

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
 "Amor, Orden y Progreso"
 Mineral de la Reforma Hidalgo, a 2 de junio de 2011.

Q. A. Israel Oswaldo Ocampo Salinas
 Coordinador Adjunto de la Licenciatura
 en Química en Alimentos

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
 DE HIDALGO**



**CENTRO DE INVESTACIONES
 QUÍMICAS**

Ciudad Universitaria Carretera Pachuca – Tulancingo
 Km. 4.5. s/n Col. Carboneras C.P. 42184
 Mineral de la Reforma, Hidalgo. México.
 Tel: (771)7172000 ext. 2218 Fax. 6502
 E mail: iocampo@uaeh.edu.mx



DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

Antes que nada a Dios por todas las bendiciones que me ha regalado siempre, y por permitirme llegar hasta este momento y cumplir con una más de mis metas.

A mis padres Toña y Tino a quienes amo con todo mi corazón, por todo lo que me han enseñado, por sus consejos, por darme ánimo cuando todo se veía difícil. Gracias porque todo lo que soy se los debo a ustedes.

A mi adorado esposo Mario, por tu gran apoyo en la realización de este proyecto, porque con tu ayuda todo resultó más fácil, por tus consejos y tus porras, pero sobretodo porque que día a día me motivas a seguir adelante pese a todo, con tu amor, confianza y apoyo incondicional.

A mi hermano Edgar por su apoyo y comprensión.

A ti abuelito Marcelino, porque sé que desde el cielo me cuidas y me bendices en todo lo que hago y aunque ya no estés conmigo tu recuerdo me impulsa a vivir y disfrutar cada momento al máximo.

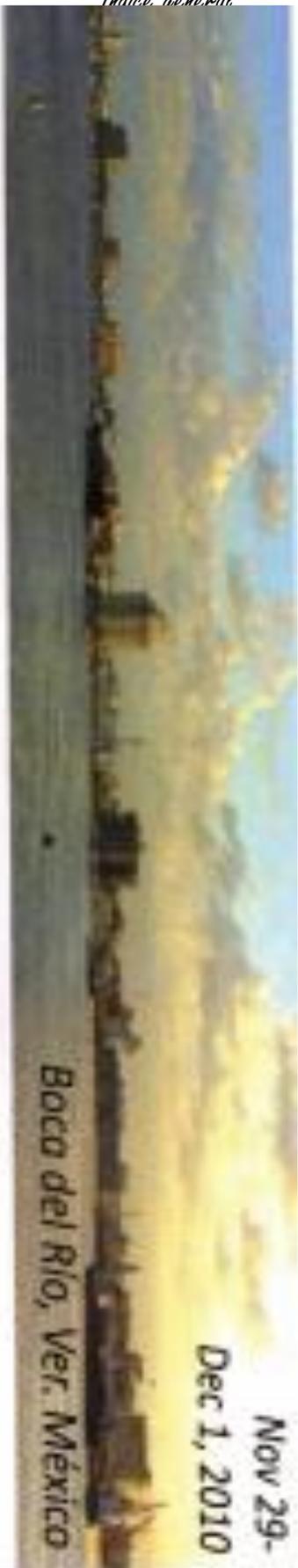
A mis suegros Soco y Mario, a mis cuñados Sagrario y Carlos porque siempre me brindaron su apoyo y me alentaron a seguir adelante. Gracias por ser parte de esta nueva familia.

De corazón agradezco su colaboración a los doctores Judith, Javier, José Antonio, Claudia, José Roberto y Araceli que dedicaron su tiempo en la realización de la presente, ya que con sus conocimientos y puntos de vista fue posible su culminación. En especial a la Dra. Elizabeth por su apoyo extraescolar, muchas gracias.

A mis amigos Zaira, Cynthia, Mimi, Nelly, Enaim, Viry, Nacho, Emmanuel, Juan y Roberto, porque han estado conmigo compartiendo alegrías, tristezas, motivaciones, secretos y una infinidad de aventuras. Los quiero mucho.

A todos aquellos que no he mencionado y no por ello menos importantes y que de manera directa o indirecta me han hecho crecer como persona aportando un granito de arena

- Algunos de los resultados del presente trabajo fueron presentados en 4th. International Congress on Food Science and Food Biotechnology in Developing Countries. Modification of the fatty acid profile of meat and eggs of breeder hens fed cod liver oil e Influence of cod liver oil in the diets of breeder hens on the chemical composition of meat. Celebrado del 29 de Noviembre al 1 de Diciembre de 2010. Boca del Rio, Ver. México.



Nov 29-
Dec 1, 2010

Boco del Río, Ver. México

"4th International Congress on Food Science and Food Biotechnology in Developing Countries"

This is to certify that:

Baños V. A.; Añorve M. J.; Contreras L. E.; Castañeda O. A.; Jalmez O. J.; Rodríguez A. J.A.

has attended the Congress.

The presentation title was:

Modification Of The Fatty Acid Profile Of Meat And Eggs Of Breeder Hens Fed Cod Liver Oil



Dr. Carlos Regalado González
President of AMECA

Dr. Beatriz Torresblanca Sánchez
President of the Congress

Dr. Eryck A. Olvera Hernández
Vice-president of the Congress





Nov 29-

Dec 1, 2010

Boca del Río, Ver. México

"4th International Congress on Food Science and Food Biotechnology in Developing Countries"

This is to certify that:

Baños VA, Añorve MU, Contreras LE, Castañeda OA, Jiménez OJ, Rodríguez AJA

has attended the Congress.

The presentation title was:

Influence of cod liver oil in the diets of breeder hens on the chemical composition of meat



Dr. Carlos Regalado González

President of AMECA

Dr. Beatriz Torrecelana Sánchez

President of the Congress

Dr. Eryck A. Silva Hernández

Vice-president of the Congress



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	4
2.1. Ácidos grasos.....	4
2.1.1. Ácidos grasos omega-3.....	5
2.1.1.1. Características.....	5
2.1.1.2. Fuentes	6
2.1.1.3. Alimentos enriquecidos con ácidos grasos omega-3.....	7
2.1.1.4. Efectos sobre la salud	8
2.2. Sector avícola.....	9
2.2.1. Sistemas de producción.....	9
2.2.2. Avicultura de traspatio.....	10
2.2.3. Tipos de gallinas	10
2.2.4. Composición química de carne de gallina criolla.....	11
2.2.5. Alimentación convencional y requerimientos nutricionales de la gallina.....	12
2.2.5.1. Agua.....	12
2.2.5.2. Proteínas.....	12
2.2.5.3. Carbohidratos.....	13
2.2.5.4. Grasas.....	13
2.2.5.5. Minerales.....	13
2.2.5.6. Vitaminas.....	13
2.2.6. Proceso digestivo de gallinas	14
2.2.6.1. Metabolismo de nutrientes en gallina criolla.....	15
2.2.6.1.1. Destino de los carbohidratos absorbidos.....	16
2.2.6.1.2. Destino de los aminoácidos absorbidos.....	16
2.2.6.1.3. Destino de los lípidos absorbidos	17
2.2.7. Producción de gallina criolla.....	18
2.3. Reproducción.....	19
2.3.1. Formación del huevo	20
2.3.2. Huevo.....	21
2.3.3. Composición química y valor nutritivo.....	21
2.3.4. Producción de pollos.....	22
3. JUSTIFICACIÓN	24
4. OBJETIVOS	26
4.1. Objetivo general.....	26
4.2. Objetivos específicos.....	26
5. MATERIAL Y MÉTODOS	28
5.1. Condiciones experimentales.....	28

5.2. Clasificación de aves con base en su dieta	29
5.3. Parámetros evaluados en gallinas criollas.....	29
5.3.1. Consumo de alimento.....	29
5.3.2. Consumo de agua	30
5.3.3. Incremento de peso.....	30
5.4. Preparación de muestras	30
5.4.1. Alimento balanceado y maíz	30
5.4.2. Sacrificio de gallinas y pollos.....	30
5.4.2.1. Carne de gallinas.....	31
5.4.2.2. Huevo.....	31
5.4.2.3. Pollos.....	31
5.5. Determinación de la composición química.....	31
5.5.1. Humedad.....	31
5.5.2. Cenizas.....	32
5.5.3. Grasa	33
5.5.4. Proteína.....	34
5.6. Determinación del perfil de ácidos grasos de alimento, carne y huevo.....	36
5.6.1. Extracción de lípidos totales.....	36
5.6.2. Metilación y extracción de metil ésteres de ácidos grasos (MEAG) presentes en los lípidos totales-----	36
5.6.3. Identificación y cuantificación de los MEAG mediante cromatografía de gases (GC)	37
5.7. Determinación de características físicas del huevo.....	37
5.7.1. Madurez sexual y producción de huevo.....	38
5.7.2. Color.....	38
5.7.3. Tamaño y peso.....	38
5.8. Determinación de colesterol en yema de huevo.....	38
5.8.1. Extracción de los lípidos de la yema de huevo.....	38
5.9. Incubación de huevos.....	40
5.10. Análisis sensorial de huevo y carne de gallina (prueba triangular).....	40
5.10.1. Preparación de muestras	40
5.10.1.1. Carne.....	40
5.10.1.2. Huevo.....	40
5.10.2. Evaluación de muestras.....	41
5.10.3. Interpretación de resultados.....	42
5.11. Análisis estadístico.....	42
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	44
6.1. DIETA BASE.....	44
6.1.1. Composición química (alimento comercial y maíz).....	44
6.1.2. Perfil de ácidos grasos (alimento, maíz y aceite de hígado de bacalao).....	45
6.2. GALLINAS.....	46
6.2.1. Parámetros productivos.....	46

6.2.1.1. Consumo de alimento.....	46
6.2.1.2. Consumo de agua.....	48
6.2.1.3. Incremento de peso.....	50
6.2.1.4. Peso de canales sin vísceras.....	52
6.2.2. Composición química de carne de gallina criolla.....	53
6.2.2.1. Humedad.....	53
6.2.2.1.1. Pierna-muslo.....	53
6.2.2.1.2. Pechuga.....	53
6.2.2.2. Cenizas.....	54
6.2.2.2.1. Pierna-muslo.....	54
6.2.2.2.2. Pechuga.....	55
6.2.2.3. Proteína.....	55
6.2.2.3.1. Pierna-muslo.....	55
6.2.2.3.2. Pechuga.....	56
6.2.2.4. Grasa.....	56
6.2.2.4.1. Pierna-muslo.....	56
6.2.2.4.2. Pechuga.....	57
6.2.3. Perfil de ácidos grasos	58
6.2.3.1. Pierna-muslo.....	58
6.2.3.2. Pechuga.....	61
6.2.4. Análisis sensorial de carne de gallina.....	64
6.2.4.1. Prueba triangular de pierna-muslo y pechuga.....	64
6.3. HUEVO.....	66
6.3.1. Características generales.....	66
6.3.1.1. Madurez sexual y producción de huevo de gallinas criollas.....	66
6.3.1.2. Color	67
6.3.1.3. Tamaño y peso.....	68
6.3.2. Composición química	69
6.3.2.1. Humedad.....	69
6.3.2.2. Cenizas	70
6.3.2.3. Proteína.....	70
6.3.2.4. Grasa.....	71
6.3.3. Perfil de ácidos grasos de huevo.....	71
6.3.4. Determinación de colesterol en huevo.....	77
6.3.5. Incubabilidad (grupos suplementados).....	78
6.3.6. Análisis sensorial	79
6.3.6.1. Prueba triangular de huevo.....	79
6.4. POLLO.....	81
6.4.1. Composición química de carne de pollo.....	81
6.4.2. Perfil de ácidos grasos de la carne de pollo.....	82
7. CONCLUSIONES.....	86

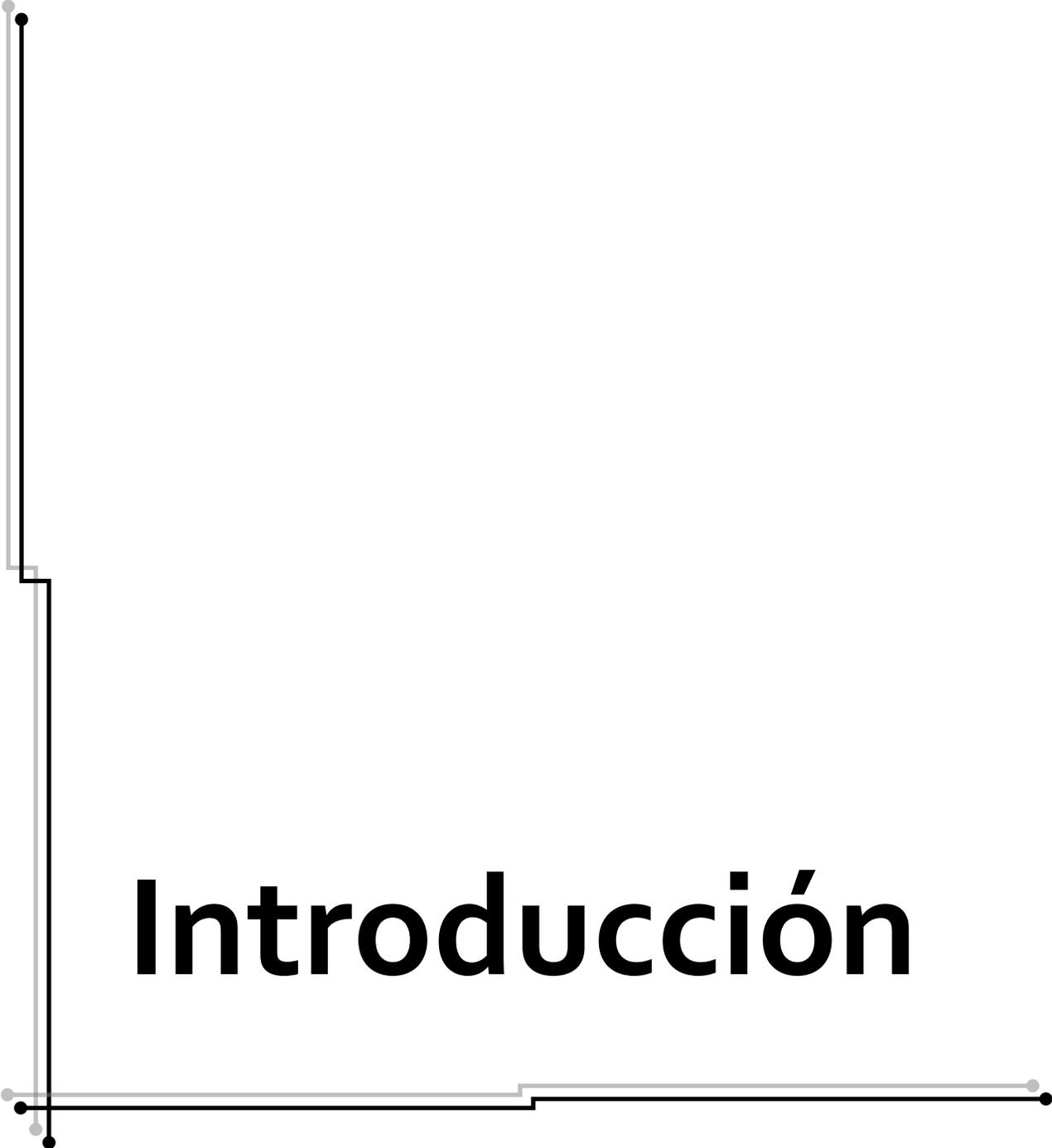
8. BIBLIOGRAFÍA.....	88
9. ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 1.	Contenido de AGPI omega-3 en pescados y mariscos.....	6
Tabla 2.	Características de algunos alimentos enriquecidos con ácidos grasos omega-3.	7
Tabla 3.	Clasificación de gallinas según su estirpe y función zootécnica.....	10
Tabla 4.	Composición química de la carne de gallina criolla.....	12
Tabla 5.	Composición nutricional del huevo por cada 100 g.....	22
Tabla 6.	Clasificación de aves en base a su dieta.....	29
Tabla 7.	Preparación de curva de calibrado para colesterol.....	39
Tabla 8.	Evaluación de muestras en base a su dieta.....	41
Tabla 9.	Composición química de alimento comercial y maíz (dietas base).....	44
Tabla 10.	Perfil de ácidos grasos de dieta base y aceite de suplementación (mg/100 g)...	45
Tabla 11.	Consumo de alimento de gallinas criollas en el período Julio-Enero (g).....	47
Tabla 12.	Consumo de agua de gallinas criollas en el período Julio-Enero (mL).....	49
Tabla 13.	Incremento de peso por grupo de gallinas criollas (g).....	50
Tabla 14.	Peso de aves en pie al inicio, final y como canal.....	52
Tabla 15.	Contenido de humedad en carne de gallina criolla (%).....	53
Tabla 16.	Contenido de cenizas en carne de gallina criolla (%).....	54
Tabla 17.	Contenido de proteína en carne de gallina criolla (%).....	56
Tabla 18.	Contenido de grasa en carne de gallina criolla (%).....	57
Tabla 19.	Perfil de ácidos grasos de pierna-muslo de gallina criolla (mg/100 g)	60
Tabla 20.	Perfil de ácidos grasos de pechuga de gallina criolla (mg/100 g)	63
Tabla 21.	Resultados de la prueba triangular de pierna-muslo y pechuga de gallina criolla	64
Tabla 22.	Diferencias encontradas en las muestras de pierna-muslo y pechuga de gallina criolla.....	65
Tabla 23.	Etapas de postura y producción de huevo de gallinas criollas.....	66
Tabla 24.	Color de cascarón y yema de huevo de gallinas criollas.....	67
Tabla 25.	Peso y tamaño de huevo de gallinas criollas.....	68
Tabla 26.	Composición química de huevo de gallinas criollas.....	69
Tabla 27.	Perfil de ácidos grasos de huevo de gallinas criollas (mg/100 g).....	73
Tabla 28.	Incremento de EPA y DHA en huevo de gallina criolla.....	76
Tabla 29.	Contenido de colesterol (mg/100 g) en huevo de gallina criolla.....	78
Tabla 30.	Incubabilidad de huevo de gallina criolla enriquecido con omega-3.....	79
Tabla 31.	Resultados de la prueba triangular de huevo de gallina criolla.....	79
Tabla 32.	Diferencias encontradas en las muestras de huevo de gallina criolla.....	80
Tabla 33.	Composición química de la carne de pollo (%).....	81
Tabla 34.	Perfil de ácidos grasos de la carne de pollo (mg/100g).....	83
Tabla 35.	Porcentaje de inclusión de EPA y DHA del huevo a la carne de pollo.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura química de los principales ácidos grasos omega-3.....	5
Figura 2. Proceso de biosíntesis de ácidos grasos omega-3.....	5
Figura 3. Proceso digestivo del ave.....	15
Figura 4. Principales destinos metabólicos de los nutrientes absorbidos por las gallinas	18
Figura 5. Existencia de gallinas criollas por entidad federativa.....	19
Figura 6. Proceso de formación del huevo.....	20
Figura 7. Panorama general de la parte experimental.....	28
Figura 8. Consumo de alimento por grupo de gallinas criollas (g).....	48
Figura 9. Consumo de agua por grupo de gallinas criollas (mL).....	49
Figura 10. Incremento de peso de gallinas criollas por grupo.....	51



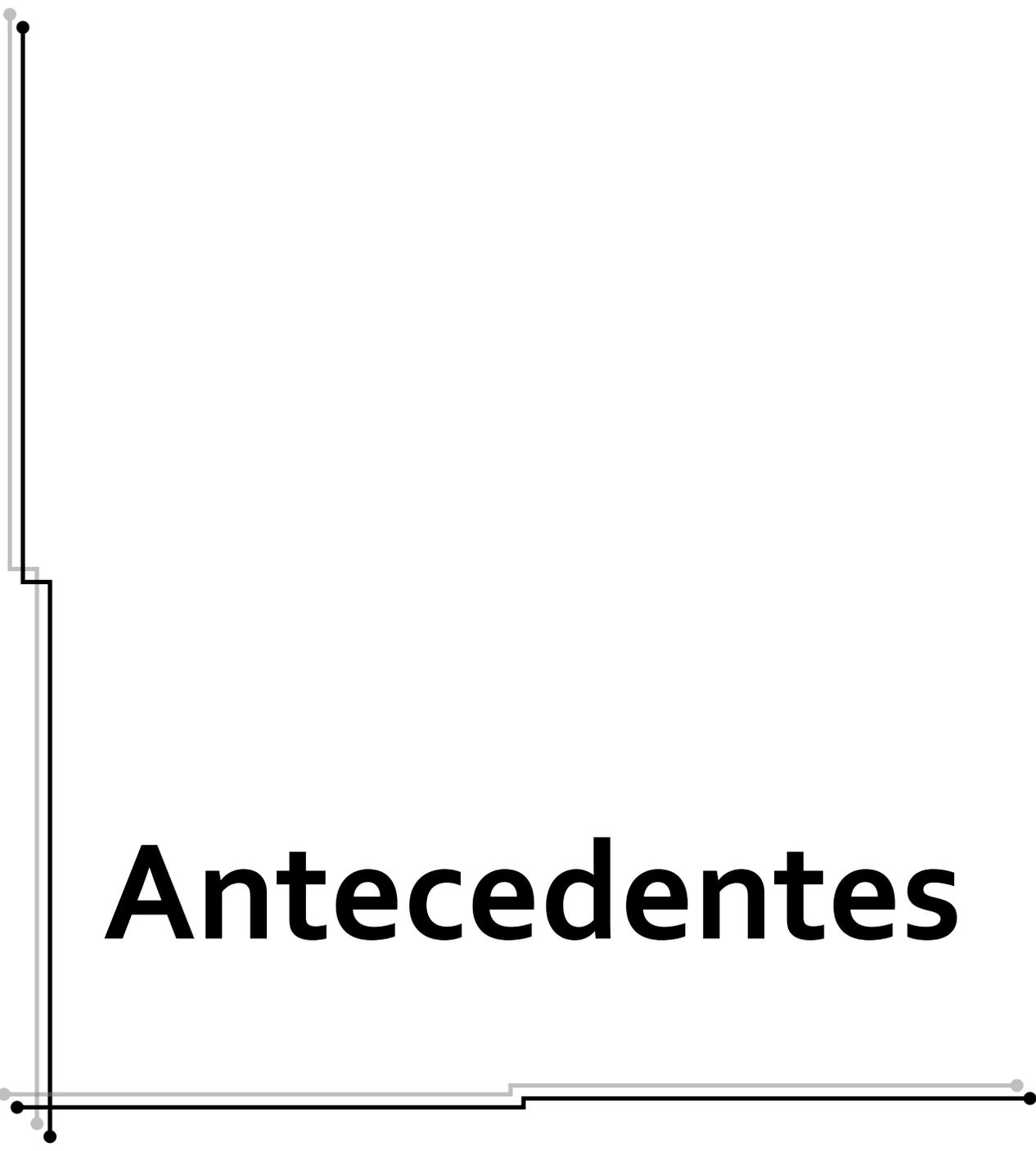
Introducción

1. INTRODUCCIÓN

La función principal de la dieta es aportar los nutrientes necesarios para cubrir los requerimientos nutricionales de las personas, pero algunos alimentos originan además efectos positivos en la salud a través de la regulación de alguna función en el organismo que reduce el riesgo de padecer alguna enfermedad, estos alimentos se denominan "alimentos funcionales".

Los alimentos que contienen ácidos grasos omega-3 son considerados como funcionales debido a que existen estudios epidemiológicos que han asociado el consumo de ácidos grasos omega-3 con una disminución significativa de padecimientos cardiovasculares, autoinmunes y otros trastornos, es por ello que las autoridades sanitarias recomiendan aumentar su ingesta en especial de cadena larga como ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), cuya fuente principal es el pescado. Sin embargo, la escasez de pescado en algunas zonas, sus características sensoriales y su elevado costo hace que en muchas ocasiones el consumidor prefiera otros alimentos.

Una forma eficaz de aumentar la ingesta de ácidos grasos omega-3 es la adición de estos a alimentos de uso cotidiano mediante tecnología de alimentos sin provocar cambios en los hábitos alimenticios del consumidor. Es por ello, que al modificar la composición de la dieta en la producción animal mediante la adición de aceite de pescado se puede cambiar el perfil de ácidos grasos de los productos como leche, huevo, carne de ave, vaca y borrego. Considerando lo anterior se realizó el presente estudio con el objetivo de obtener huevo, carne de gallina y pollo enriquecidos con omega-3 sin modificar sus características sensoriales a través de la adición de aceite de hígado de bacalao en la dieta, además de observar el efecto que este tuvo sobre las características productivas de las aves.



Antecedentes

2. ANTECEDENTES

El acelerado estilo de vida propio de finales del siglo XX e inicios del siglo XXI ha generado importantes cambios en materia alimentaria a nivel mundial. Los nuevos y a veces poco saludables hábitos alimenticios de la población junto con el sedentarismo y el estrés inducen al incremento de enfermedades como la diabetes, la obesidad, hipertensión arterial y cáncer entre otras, que se convierten en un problema de salud pública en muchos países (Sarmiento, 2006).

En este sentido, las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés acentuado de los consumidores hacia ciertos alimentos llamados "funcionales" que además del valor nutritivo aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo, y a su vez ayuden a prevenir los riesgos de desarrollar algún tipo de enfermedad (Martínez y Astiasarán, 2005).

En la actualidad muchos son los alimentos considerados como funcionales, de ellos algunos tipos de pescado y/o sus derivados están acaparando la atención de la comunidad científica y de la industria de alimentos debido a la gran cantidad de efectos positivos sobre la salud humana que se han relacionado con su consumo, principalmente originado por su alto contenido de ácidos grasos omega-3.

2.1. Ácidos grasos

Los ácidos grasos son constituyentes principales de los lípidos simples y dependiendo de su estructura pueden desempeñar diferentes funciones en el organismo. Se les clasifica como:

1. Saturados o insaturados, estos últimos en ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) o poliinsaturados (AGPI) de acuerdo al número de dobles enlaces que presenten.
2. De cadena corta (4-6 carbonos), media (8-12 carbonos), larga (14-18 carbonos) o muy larga (20 o más carbonos), por la longitud de su cadena.
3. En familias de ácidos grasos llamados omega-3, omega-6 y omega-9 de acuerdo a la posición del primer doble enlace de la cadena contando a partir del extremo metilo (denominado omega) (Chow, 1992; FAO/OMS, 1997).

2.1.1. Ácidos grasos omega 3

2.1.1.1. Características

La familia de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) denominados omega-3 estructuralmente aparecen como una larga cadena de hidrocarburos (18 o más carbonos), que contiene tres o más (hasta seis) enlaces dobles, el primer doble enlace se produce en el tercer átomo de carbono (figura 1) a partir del carbono que contiene el grupo metilo (Leaf y Weber, 1987).

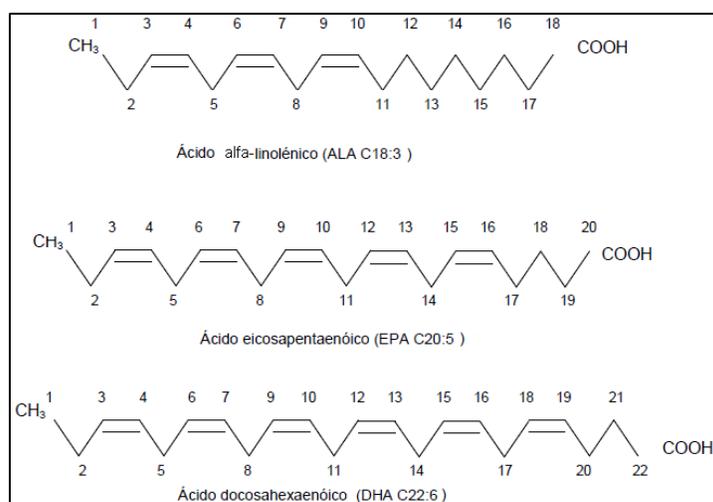
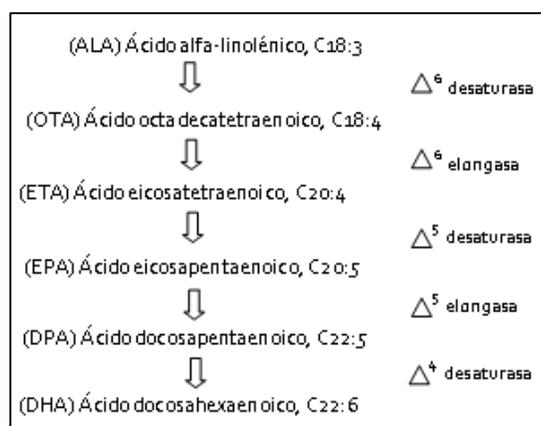


Figura 1. Estructura química de los principales ácidos grasos omega-3 (adaptada de Castillo, 2004)

El ácido alfa-linolénico (ALA C18:3) es el precursor de todos los omega-3, a partir del cual por medio de una serie de elongaciones y desaturaciones (figura 2) se forman ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5) y ácido docosahexaenoico (DHA C22:6) (Yehuda *et al.*, 1999; Sanders, 2000; Holub, 2002).



Δ = delta

Figura 2. Proceso de biosíntesis de ácidos grasos omega-3 (adaptado de Coronado *et al.*, 2006)

2.1.1.2. Fuentes

En la dieta los ácidos grasos omega-3 como el ALA se obtienen de algunos aceites vegetales, hortalizas, frutos secos y semillas, siendo más abundantes en la linaza, colza, nuez, verdolaga, semillas de canola, semillas de chía, lechuga, soya, coliflor y espinaca (Duke, 1992). Otras fuentes de ALA en la dieta son yema de huevo, pollo y carne de rumiantes y cerdos (Ackman, 1992; Chow, 1992, Simopoulos, 1998; Dupont, 1999; Kris-Etherton *et al.*, 2000). Además, Dhellot *et al.*, (2006) mencionan que las semillas de amaranto presentan altos contenidos de DHA (5.63-21.46% del total de ácidos grasos).

Por otro lado, el EPA y el DHA se encuentran casi exclusivamente en ciertos tipos de peces que se alimentan de microalgas unicelulares y otros organismos marinos que son capaces de sintetizarlos (Yazawa, 1996), tal es el caso del salmón, arenque, atún, sardinas, bacalao, platija y eglefino (Jacobs *et al.*, 2002; Hites *et al.*, 2004). La tabla 1 muestra el contenido de omega-3 en algunos peces y mariscos.

Tabla 1. Contenido de AGPI omega-3 en pescados y mariscos

Marisco/pescado	g de AGPI omega-3/100g
Caballa	1.8 - 5.3
Arenque	1.2 - 3.1
Salmón	1.0 - 2.0
Trucha	0.5 - 1.6
Atún	0.5 - 1.6
Gamba	0.2 - 0.4
Bacalao, Halibut	Aprox. 0.2

AGPI (ácidos grasos poliinsaturados) Carrero *et al.*, 2005

Aún cuando la característica especial que diferencia a los lípidos de especies marinas de los de especies vegetales es la presencia de AGPI de cadena larga en particular el EPA, el DHA y en menor cantidad el ácido docosapentaenoico DPA (C22:5 n-3) (Shahidi, 2000), la variación en el contenido de ácidos grasos omega 3 de los alimentos marinos depende de la especie de pescado, el lugar y época de captura así como del proceso industrial al que se somete (Carrero *et al.*, 2005).

2.1.1.3. Alimentos enriquecidos con ácidos grasos omega-3

En la antigüedad las personas consumían plantas silvestres, animales y pescados lo que generaba una relación omega-6/omega-3 de 1:1 ó 1:2, sin embargo, la presencia natural de ácidos grasos omega-6 en una amplia gama de alimentos, principalmente en aceites vegetales y cereales y el menor consumo de pescado ha originado que la relación omega-6/omega-3 se haya incrementado considerablemente llegando a ser de 12:1 (Castro, 2002), lo que está lejos del ideal 5:1 establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Castillo *et al.*, 2005) o por otros autores que indican un rango de 5-2:1 (Castro, 2002).

Existen muchos productos en el mercado que han sido enriquecidos con omega 3, tal es el caso de huevo, aceites, productos de panadería, leche, fórmulas infantiles, mayonesa, margarina, aderezos, carne y productos cárnicos (Castro, 2002). Otros ejemplos (tabla 2) son el pan y los productos de panadería, margarinas, grasas untables, huevos, pastas, salsas, jugos y bebidas no alcohólicas, carnes, leche y productos lácteos (Carrero *et al.*, 2005).

Tabla 2. Características de algunos alimentos enriquecidos con ácidos grasos omega-3

Alimento enriquecido	Características
<p>Huevo</p> <p>*Mediante la dieta de las aves, siendo enriquecidas con harinas de pescado, linaza y (ácido docosahexaenoico) DHA de algas.</p> <p>*En E.U.A. se comercializan huevos enriquecidos con omega-3.</p>	<p>*Estos huevos tienen 7 veces más de vitamina E, cerca de 3 veces más de omega-3 y un 25% menos de grasa saturada en comparación con un huevo regular.</p> <p>*Tienen una relación omega-6:omega-3 de 1:3 y elevadas concentraciones de (ácido eicosapentaenoico) EPA y DHA. Su contenido total de omega-3 es de 17.87 mg/g, mientras que el huevo comercial tiene una relación omega-6/omega-3 de 19:4 y sólo 1.74 mg/g de omega-3.</p> <p>*Estudios clínicos indicaron que la gente que consume 12 huevos enriquecidos por semana, como parte de una dieta baja en grasa, no incrementa su nivel de colesterol.</p>
<p>Aceites</p> <p>Incorporando aceite de pescado en los aceites vegetales empleados para preparar alimentos.</p>	<p>*Los alimentos enriquecidos con elevadas cantidades de EPA y DHA a veces imparten aroma y sabor a pescado y son más susceptibles a la oxidación.</p> <p>*Actualmente se realizan numerosos esfuerzos para estabilizar la oxidación durante el procesamiento, cocinado y almacenaje de los mismos.</p>

Productos de panadería Se utiliza harina de linaza y aceites de pescados encapsulados.	El enriquecimiento con omega-3 se lleva a cabo mediante microencapsulación y se aplica en pan, cereales, pasta, galletas, pasteles y harinas para panadería.
Fórmulas infantiles Son enriquecidas con (DHA) provenientes de varias fuentes, por microencapsulación.	En E.U.A, Argentina, Brasil y Venezuela, existen diversas marcas de fórmulas infantiles en el mercado enriquecidas principalmente con (ácido alfa-linolénico (ALA)).
Leche Leche de vaca Incrementando DHA en leche de vaca a través de la dieta.	*La composición de los lípidos depende de las proporciones relativas de lípidos e hidratos de carbono en la dieta.
Leche materna Mediante un incremento en la proporción de AGPI de la dieta.	*Las mujeres de Nigeria que consumen grandes cantidades de pescado, presentan una mayor proporción de ácidos omega-3 que las mujeres europeas.
Mayonesa, margarina y aderezos para ensaladas	Se emplean aceites de pescado hidrogenados y aceites de canola para aumentar el contenido de omega-3.
Carnes y productos cárnicos Monogástricos A través de la dieta	*La carne de monogástricos, refleja la composición de su dieta, por lo que, la adición de AGPI en la dieta de pollo de engorda genera un aumento en el contenido de omega-3 en la carne y huevo de las aves. *En los rumiantes la acción microbiana del rumen determina el tipo de ácido graso disponible.
Rumiantes A través de la dieta	*La producción comercial de carne enriquecida con omega-3 se ve afectada por la oxidación y el grado de biohidratación por las vacas y borregos.

Adaptado de Castro, 2002 y Ramírez, 2010.

2.1.1.4. Efectos sobre la salud

Los AGPI omega-3 parecen jugar un papel relevante en el sistema cardiovascular como agentes antiinflamatorios, antiarritmogénicos y antitrombóticos (Mataix *et al.*, 2001), aumentan el tiempo de sangrado evitando la adherencia de plaquetas en las arterias, previene la aterosclerosis al reducir las concentraciones de colesterol en plasma, son útiles en pacientes hipertensos ya que contribuyen a bajar la presión sanguínea y reducen la concentración de triglicéridos en plasma, disminuyen el colesterol total y la lipoproteína de muy baja densidad conocida como VLDL (Simopoulos, 1999).

Los ácidos grasos omega-3 y omega-6 son básicos para un adecuado desarrollo y funcionamiento cerebral-fetal y cognoscitivo (Uauy y Valenzuela, 1992 y Uauy *et al.*, 1996), ya que los fosfolípidos que integran las membranas celulares del sistema nervioso contienen más del 30% de este tipo de ácidos grasos, principalmente ácido docosahexaenoico (DHA) y ácido araquidónico (AA) (Rodríguez *et al.*, 2005), además, tienen la capacidad de corregir problemas visuales, cerebrales, de ubicación, ansiedad, habilidad en el aprendizaje, memoria y función de la retina (Castro, 2002).

Existen estudios que señalan efectos positivos de los ácidos grasos omega-3 sobre el sistema inmunológico, ya que disminuyen la producción de citocinas sustancias relacionadas con algunos de los aspectos clínicos de la enfermedad del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), como el dolor de cabeza, fiebre, anorexia, sutiles cambios cognoscitivos, disfunciones motoras y caquexia, por lo que su combinación con drogas y sustancias que actúan sobre diferentes puntos de la replicación viral pueden ayudar en el tratamiento de ésta enfermedad (Razzini y Baronzio, 1993).

También, estos ácidos grasos son precursores de compuestos hormonales como los prostanoides (prostaglandinas y tromboxanos) que facilitan la transmisión de mensajes en el sistema nervioso central (Simopoulos, 1999). Evidencias epidemiológicas en humanos han sugerido que la ingestión de ácidos grasos poliinsaturados omega-3 tienen efectos preventivos sobre el cáncer (Siscovick *et al.*, 2000).

De igual forma se ha demostrado que las dietas ricas en ácidos grasos omega-3 ayudan a contrarrestar el desarrollo del Alzheimer, así como la diabetes tipo 2 (Adler *et al.*, 1994; Calon *et al.*, 2004), presentan una tendencia a reducir de manera significativa las lipoproteínas de baja densidad (LDL), disminuyen la aparición de artritis reumatoide (Fortin *et al.*, 1995; MacLean *et al.*, 2004), elevan el umbral de dolor, mejoran el sueño y la termorregulación (Yehuda *et al.*, 1999), reducen la colitis ulcerativa, la enfermedad de Crohn, la obstrucción pulmonar crónica, y las enfermedades renales entre otras (Simopoulos *et al.*, 1991; Harbige, 1998 y Simopoulos, 1999).

2.2. Sector avícola

2.2.1. Sistemas de producción

Dentro de los sistemas de producción se encuentran los sistemas intensivos que se caracterizan por contar con animales genéticamente mejorados, altas densidades de confinamiento, instalaciones tecnificadas y una alimentación balanceada, mientras que en los sistemas extensivos la producción

puede o no contar con algún tipo de manejo e instalaciones adecuadas y dentro de los sistemas extensivos se considera a la producción de traspatio. Por otro lado, la producción semi-intensiva cuenta con características tanto de las producciones extensiva como de la intensiva determinada por la disponibilidad de recursos económicos para la inversión, instalaciones y mantenimiento (Portillo, 2007).

2.2.2. Avicultura de traspatio

La avicultura de traspatio también conocida como rural o criolla constituye un sistema tradicional de producción pecuaria debido a que las aves crecen y se multiplican muy fácilmente comparadas con otras especies de animales, la realizan las familias campesinas en el patio de sus viviendas y consiste en criar un pequeño grupo de aves no especializadas y su crianza no demanda grandes costos de inversión, mantenimiento y espacio (CLADES, 1989), son alimentadas con insumos producidos por los propios campesinos más lo que las aves levanten en el patio y algunos desperdicios de la unidad familiar (Juárez y Ortíz, 2001) y muchas veces su producción tiene la finalidad de comercialización o autoconsumo de alimentos de origen animal como huevo y carne (Portillo, 2007).

2.2.3. Tipos de gallinas

Por su tamaño, estirpe y función zootécnica (tabla 3), las gallinas se dividen en tres categorías.

Tabla 3. Clasificación de gallinas según su estirpe y función zootécnica

Tipo de gallina	Estirpe	Función zootécnica
Ligeras o livianas	Babcock Hy-Line Hisex Brown Hisex White Dekalb	Denominadas también como aves de postura o ponedoras son las que se explotan para la producción de huevo para plato o consumo humano. Este tipo de aves puede llegar a producir hasta 300 huevos en un año, y su plumaje puede ser de color blanco o rojo-café.
Pesadas	Ross Hybro Cobb Hubbard Arbor Acres	Este tipo de gallinas tiene como función producir el huevo del cual, una vez incubado nacerán los pollos de engorda para la producción de carne. En estas aves el color de las plumas es blanco o café.

Semipesadas	Rhode Island Red	Son llamadas también de doble propósito, porque aunque no alcanzan una producción de huevo como las aves ligeras, su producción es bastante aceptable, y además las crías que produce cuando son explotadas para la producción de carne alcanzan pesos cercanos al de pollo de engorda producido por gallinas pesadas. El plumaje de estas aves puede ser completamente rojo o bien de color negro con puntos blancos y dentro de este grupo de gallinas se encuentran las gallinas criollas.
	Plymouth Rock Barred	
	Cruzas de las dos anteriores.	
		La gallina criolla o doméstica por definición, es aquella ave propia del lugar donde ha desarrollado características para su supervivencia como su resistencia a las enfermedades, a las condiciones locales de humedad y temperatura, mismas que le confieren una gran importancia para la economía familiar en el medio rural. Además, pueden utilizar para su alimentación desechos de cocina y otros alimentos que se encuentran en la tierra. Una desventaja es, que este tipo de gallinas generalmente son pequeñas y no producen abundante carne, crecen lentamente y no ponen muchos huevos.

Adaptada de (CLADES, 1989; Soto *et al.*, 2002 y SAGARPA, 2003).

2.2.4. Composición química de carne de gallina criolla

La carne de pollo tiene un gran número de propiedades organolépticas y nutricionales favorables, entre sus cualidades más importantes para el consumidor están que es una carne económica y que sus fibras cárnicas son suaves a la mordida y fáciles de digerir; además, su sabor se puede combinar con muy variados sazones, es un tipo de carne que rinde mucho y se encoje poco durante la cocción. El color de la carne es muy variable dependiendo de la especie, edad, sexo y parte de la canal, lo que también influye sobre su calidad (Carvajal, 2001). En la tabla 4 se muestra la composición química de la carne de pollo.

Las grasas son constituyentes importantes de la estructura corporal y los ácidos grasos son parte importante de la membranas celulares (Richard, 1994), desde el punto de vista de la salud humana el contenido de lípidos en la carne de pollos es relativamente bajo (2.8g/100g en la pechuga y 13/100g en la piel) y presenta una buena relación ácidos grasos insaturados/saturados.

Tabla 4. Composición química de la carne de gallina criolla

Pollo sin piel	Contenido (%)
Humedad	74.06
Cenizas	1.35
Proteína	20.00
Grasa	4.57

(García, 1993)

2.2.5. Alimentación convencional y requerimientos nutricionales de la gallina

Los alimentos para aves son comúnmente clasificados como iniciador, crecimiento, finalizador o ponedoras, dependiendo del tipo y edad del ave que se va a alimentar (Damron *et al.*, 1998). Las aves necesitan nutrientes como proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas, minerales y agua para permanecer sanas y lograr una buena producción de carne y huevo (FAO *et al.*, 2005).

2.2.5.1. Agua

El agua es probablemente el nutriente más importante para los pollos constituyendo del 55 a 75% del cuerpo del ave y 65% del huevo (SDE, 2009); además, existe una fuerte correlación entre el alimento y el agua ingerida, por lo que una deficiencia en el suministro adecuado afectará adversamente la digestión, metabolismo y desarrollo del pollo más rápidamente que la falta de cualquier otro nutriente (Damron *et al.*, 1998 y FAO *et al.*, 2005), ya que permite que el ave desarrolle sus funciones normales, ablanda el alimento para la digestión, facilita la absorción de los nutrientes y la eliminación de los productos de desecho, regula la temperatura corporal, es el medio para que las funciones químicas del cuerpo se realicen y actúa como lubricante de articulaciones, músculos y tejidos del organismo (Ávila, 2004).

2.2.5.2. Proteínas

Las propiedades de una molécula proteica son determinadas por el número, tipo y secuencia de aminoácidos que lo componen. Los principales productos de las aves están compuestos de proteína, es por ello, que es importante utilizar una adecuada fuente de esta en la dieta, la más común es de origen animal como la harina de pescado y la harina de carne y hueso de rumiantes y en menor proporción de plantas como harina de soya y gluten de maíz (Damron *et al.*, 1998 y SDE, 2009).

2.2.5.3. Carbohidratos

Los carbohidratos componen la porción más grande en la dieta de las aves y son su mayor fuente de energía, pero sólo los ingredientes que contengan almidón o azúcares simples son proveedores eficientes de energía, ya que el pollo no tiene el sistema de enzimas requerido para digerir la celulosa y otros carbohidratos complejos. Una variedad de granos, como el maíz y trigo son importantes fuentes de carbohidratos en las dietas para pollos (Damron et al., 1998).

2.2.5.4. Grasas

Las grasas son una fuente importante de energía para las dietas actuales de aves porque contienen más del doble de energía que cualquier otro nutriente, por lo que son importantes para la formulación correcta de las dietas de iniciación y crecimiento. La grasa constituye un 17% de carne de pollo y un 40% del huevo de peso seco, favorece la absorción de vitaminas A, D, E y K y es fuente de ácidos grasos esenciales que son responsables de la integridad de la membrana, síntesis de hormonas, fertilidad, y eclosión del pollito (Damron *et al.*, 1998), además regula las funciones productivas del ave y al ser absorbidas pueden almacenarse de manera directa en el tejido adiposo o ser transferidas al huevo y proporcionar ácidos grasos (Richard, 1994 y Buxadé, 1995).

2.2.5.5. Minerales

Las gallinas requieren minerales, principalmente calcio para la formación del cascarón, además, los minerales son necesarios para la formación de células de la sangre, activación de enzimas, metabolismo energético, y la función adecuada del músculo. La mayoría de granos son deficientes en minerales, es por ello que es necesario suplementar generalmente con piedra caliza por ser una buena fuente de calcio y fosfatos difluorados, que son los acarreadores de fósforo y calcio en dietas para aves. Microminerales como hierro, cobre, zinc, manganeso y yodo son normalmente suministradas a través de una mezcla de minerales traza (Damron *et al.*, 1998 y SDE, 2009).

2.2.5.6. Vitaminas

Las vitaminas requeridas por las aves son usualmente clasificadas como liposolubles e incluyen vitamina A, D, E y K y vitaminas hidrosolubles como tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, ácido fólico, biotina, ácido pantoténico, piridoxina, vitamina B12 y colina (Damron *et al.*, 1998). Todas estas vitaminas son esenciales para la vida del ave y deben ser suministradas en cantidades apropiadas

para que los pollos puedan crecer y reproducirse (SDE, 2009). El huevo contiene normalmente suficientes vitaminas para suplir las necesidades del desarrollo del embrión, por esta razón, el huevo es una buena fuente de vitaminas de origen animal para la dieta de los humanos (Damron *et al.*, 1998).

2.2.6. Proceso digestivo de gallinas

El aprovechamiento de los alimentos por los animales requiere una serie de procesos mediante los cuales deben ser transformados en sustancias asimilables (Buxadé, 1995). El pollo tiene un aparato digestivo simple con escasa flora intestinal implicada en la digestión del alimento, por lo tanto, estas aves dependen de las enzimas secretadas en porciones apropiadas del aparato digestivo para degradar las moléculas alimenticias complejas, cuando estas últimas no pueden ser digeridas por las enzimas presentes en el tubo digestivo el alimento no es útil como fuente de nutrientes para el ave (Richard, 1994).

En estos animales, el proceso digestivo tiene una duración promedio de 12-14 h, en la actividad participan numerosos órganos y glándulas. Una vez que el alimento es tomado por el pico del ave, hace contacto con la saliva, de ahí pasa al buche donde sigue actuando la ptialina de la saliva y el agua ingerida por el ave para el reblandecimiento del alimento; al llegar este al proventrículo es atacado por el jugo gástrico, formado principalmente por agua, HCl y pepsina, transformando las proteínas en productos nitrogenados intermedios de más fácil absorción. Cuando el medio no es muy ácido actúa la lipasa que desdobla los lípidos en glicerol y ácidos grasos, el proceso es continuado en el intestino por la acción del jugo pancreático (Vaca, 2003).

Después, el alimento con todos los jugos producidos pasa a la molleja donde se efectúa un proceso de trituración y molido, el bolo alimenticio se convierte en quimo el cual pasa por una abertura de la molleja llamada píloro al intestino delgado (Vaca, 2003). Ya en el intestino delgado, en la primera sección llamada asa duodenal, tiene lugar la parte más importante de la digestión al ponerse en contacto el alimento con las sales biliares segregada por el hígado que ayudan a solubilizar los productos de la digestión de los lípidos (Richard, 1994) y el jugo pancreático que contribuye a la digestión de carbohidratos, grasas y proteínas (Vaca, 2003).

La digestión de proteínas requiere un mayor número de enzimas que la de los demás nutrientes debido a que cada enzima es específica para la hidrólisis de ciertos enlaces en la molécula proteínica.

La acción combinada de todas las enzimas degrada primero moléculas proteínicas en péptidos y luego en aminoácidos que son absorbibles por el ave. Por otro lado, normalmente las vitaminas y minerales no requieren digerirse como tales, aunque durante este proceso se desdoblán algunas formas complejas de ellas (Richard, 1994).

Una vez digerido el alimento es expuesto en la parte baja del intestino delgado a la acción del jugo intestinal producido por las glándulas de Lieberkuhn y se efectúa la absorción mediante las vellosidades intestinales de los nutrientes que pasarán al torrente sanguíneo; los restos del alimento no aprovechados por el intestino y el ciego, se retienen en la última porción más gruesa del intestino, el recto, de donde son expulsadas al exterior a través de la cloaca (figura 3) (Vaca, 2003).

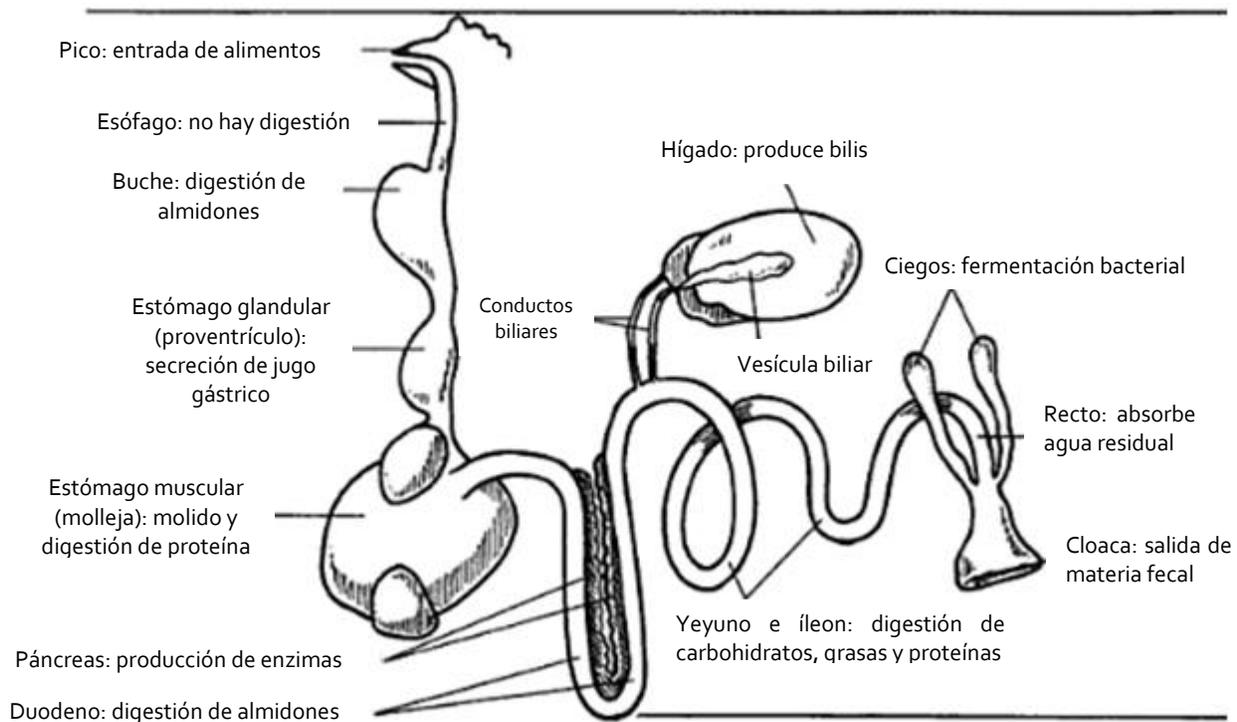


Figura 3. Proceso digestivo del ave (Vaca, 2003)

2.2.6.1. Metabolismo de nutrientes en gallina criolla

Una vez absorbidos los nutrientes deben experimentar reacciones catalizadas por enzimas corporales orientadas a obtener los compuestos necesarios para producir energía o ganar sustratos para la síntesis de componentes corporales importantes. En el metabolismo, la energía se libera de

manera escalonada conforme la glucosa pasa por una serie de reacciones que implica la formación de aproximadamente 17 compuestos intermediarios hasta la obtención final de energía, CO₂ y H₂O. Gran parte de la energía liberada por el metabolismo de la glucosa se convierte en calor utilizado para conservar la temperatura corporal del ave. Alrededor de 45% de la energía liberada durante la oxidación de glucosa puede capturarse por el animal como energía química en forma de ATP, el cual puede proporcionar la energía necesaria para reacciones de síntesis como la formación de lípidos y proteínas o energía inmediata para la contracción muscular (Richard, 1994).

2.2.6.1.1. Destino de los carbohidratos absorbidos

Los productos finales de la digestión de carbohidratos son los monosacáridos, en su mayor parte glucosa, fructosa, manosa y en menor proporción galactosa, todos estos azúcares son convertidos en glucosa, ésta se almacena como glucógeno en el músculo y el hígado de las aves en pequeñas cantidades. Cuando la ingestión de energía en forma de carbohidratos excede a las necesidades de energía inmediata o de almacenamiento como glucógeno, los azúcares pueden convertirse en grasa, ya que el hígado sintetiza lípidos a partir de carbohidratos que se transportan y almacenan en el tejido adiposo o en el ovario (figura 4) (Richard, 1994); en este último se producen las hormonas estrógeno y progesterona que regulan la aparición de las características físicas propias de las hembras, como el desarrollo del oviducto, acumulación de grasa en ciertas zonas del cuerpo, y el incremento de los niveles de calcio y fósforo en la sangre para la formación de la cáscara del huevo (Vaca, 2003).

2.2.6.1.2. Destino de los aminoácidos absorbidos

Los aminoácidos absorbidos en el intestino se usan de manera primaria para la síntesis de proteína, si la mezcla dietética de aminoácidos tiene una composición semejante a la proteína que se está sintetizando, la producción corporal y del huevo puede ser eficiente; si la mezcla de aminoácidos absorbidos es deficiente en algún aminoácido esencial, la síntesis proteínica se verá disminuida y siguen un proceso ineficiente para el crecimiento del ave, los aminoácidos sobrantes se degradan y su nitrógeno se excreta como ácido úrico, en tanto que su carbono se degrada por oxidación a CO₂, H₂O y energía o se convierte en glucosa o grasa (figura 4) (Richard, 1994).

2.2.6.1.3. Destino de los lípidos absorbidos

Existen diferentes factores que determinan el grado de absorción de las grasas como: ácidos grasos libres, grado de insaturación, longitud de cadena e interacciones. En el caso de las aves, la reesterificación de los ácidos grasos absorbidos no es total y hasta un 50% pueden pasar directamente a la sangre y ser transportados por la albúmina; también oxidan con facilidad grasas en CO₂, H₂O y energía; además, dependiendo de las necesidades del ave las grasas absorbidas pueden almacenarse en el tejido adiposo o ser transferidas a los lípidos del huevo (figura 4).

Por esta razón, el perfil de ácidos grasos del cuerpo y el huevo reflejan la composición de la grasa dietética, en especial cuando en ella se incluyen elevadas concentraciones de lípidos; así cuando en la dieta se incrementa el contenido de AGPI el nivel de estos en los tejidos del ave tiende a aumentar, por otro lado, si la dieta es pobre en grasas el tejido adiposo que se sintetiza tiene una composición característica de la especie animal. Cuando se han incorporado fuentes de lípidos a la dieta de las aves, con el fin de mejorar la estabilidad oxidativa de la carne y por tanto, aumentar la vida útil de esta se han agregado también diversos tipos de antioxidantes; siendo el más utilizado la vitamina E principalmente en forma de suplementos dietéticos (Bou *et al.*, 2001; Surai, 2002; Bou *et al.*, 2005).

En el caso particular de las aves, se puede realizar el enriquecimiento de la dieta a través de dos vías principales con el fin de aumentar el contenido de omega-3, una puede ser por la suplementación de ALA de origen vegetal (linaza) o bien por la adición directa de cualquier fuente de EPA o DHA (harina y/o aceite de pescado y algas, entre otras) (Bou *et al.*, 2001). En este sentido se ha observado que las aves tienden a mantener la proporción de ácidos grasos saturados y ácidos grasos monoinsaturados en la yema de huevo dentro de márgenes relativamente estrechos, sea cual sea la composición de la dieta, por lo que al dar de comer a la gallina un suplemento que contenga aceites ricos en cualquiera de los ácidos grasos como ALA, EPA o DHA se eleva fácilmente las proporciones de los AGPI, Van Elswyk (1997) y Baucells *et al.*, (2000) indican que en general el perfil de ácidos grasos omega-3 del huevo depende del suplemento alimenticio que se le da a la gallina. Al respecto, Barroeta (2007) y Bou *et al.*, (2001) mencionan que existen evidencias de que se puede modificar la fracción de lípidos a través de estrategias para la mejora de su valor nutritivo.

Los ácidos grasos de la yema de huevo son sintetizados en el hígado de la gallina lo cual permite la manipulación de estos componentes a través de la dieta. Para la digestión de los lípidos, los ácidos

grasos de cadena larga y monoacilgliceroles deben ser reesterificados en el retículo endoplásmico de los enterocitos antes de ser transportados. Los triglicéridos resultantes son transportados con el colesterol, fosfolípidos y proteínas para formar lipoproteínas. En las aves, las lipoproteínas (que incluyen ácidos grasos de cadena larga) se denominan portomicrones, ya que conducen a la circulación portal hepática. Por otra parte, los ácidos grasos de cadena corta y gliceroles libres se transportan como tal en el hígado a través del sistema portal, donde se genera un procesamiento de glicéridos y residuos de ácidos grasos del portomicrón y se transportan como lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), que después pasan al complejo de Golgi y son transportadas a la sangre y de ahí a los folículos del ovario, donde se difunden a través de capilares y se transfieren por endocitosis a la yema de huevo (Yannakopoulos, 2007).

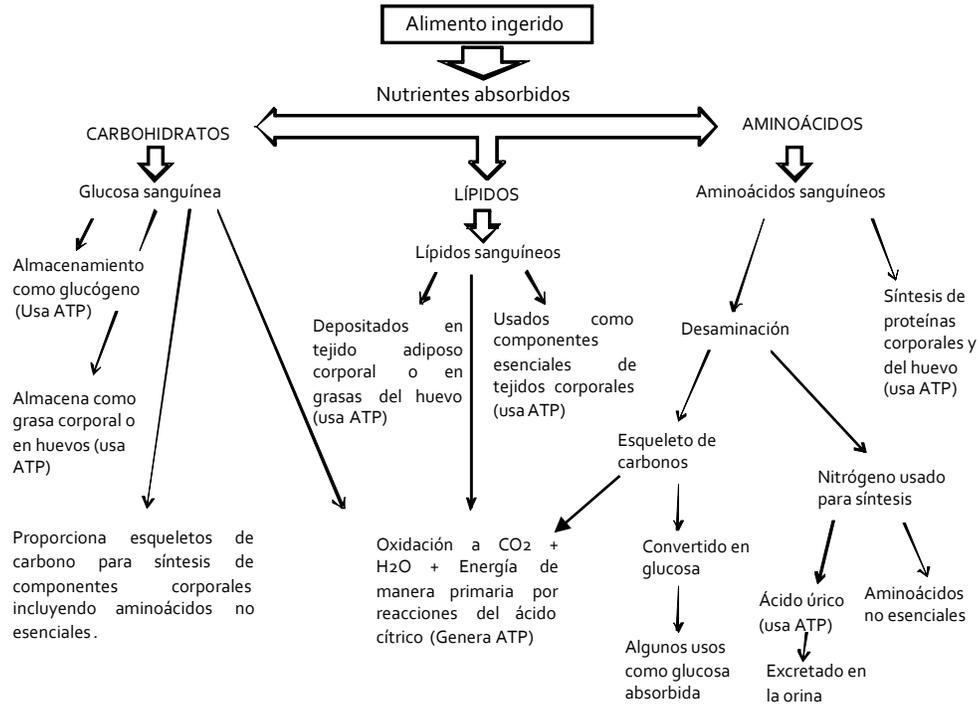


Figura 4. Principales destinos metabólicos de los nutrientes absorbidos por las gallinas (Richard, 1994)

2.2.7. Producción de gallina criolla

La producción de traspatio es importante en las comunidades rurales de la mayoría de los países en desarrollo como es el caso de México. Las gallinas son los animales que más se explotan debido a su corto ciclo de producción y bajo costo, más del 90% de las familias rurales poseen aves, de las cuales

la gallina criolla es la más importante principalmente por su aporte de proteína y bajos costos de producción (Juárez y Ortiz 2001 y Gutiérrez *et al.*, 2007).

En México, el 33% del inventario avícola corresponde a la gallina criolla, siendo los estados de Jalisco, Sinaloa, Puebla y Coahuila donde se concentra el mayor número de aves (figura 5). Hidalgo se ubica en el lugar 20 en existencia de gallinas criollas, a pesar de que no se encuentra dentro de los estados con mayor número de aves, existe un número importante de éstas distribuidas en mayor proporción en los municipios de Tulancingo, Zempoala, Zapotlán, Tula, Tasquillo, Apan, Epazoyucan e Ixmiquilpan (INEGI, 2007).

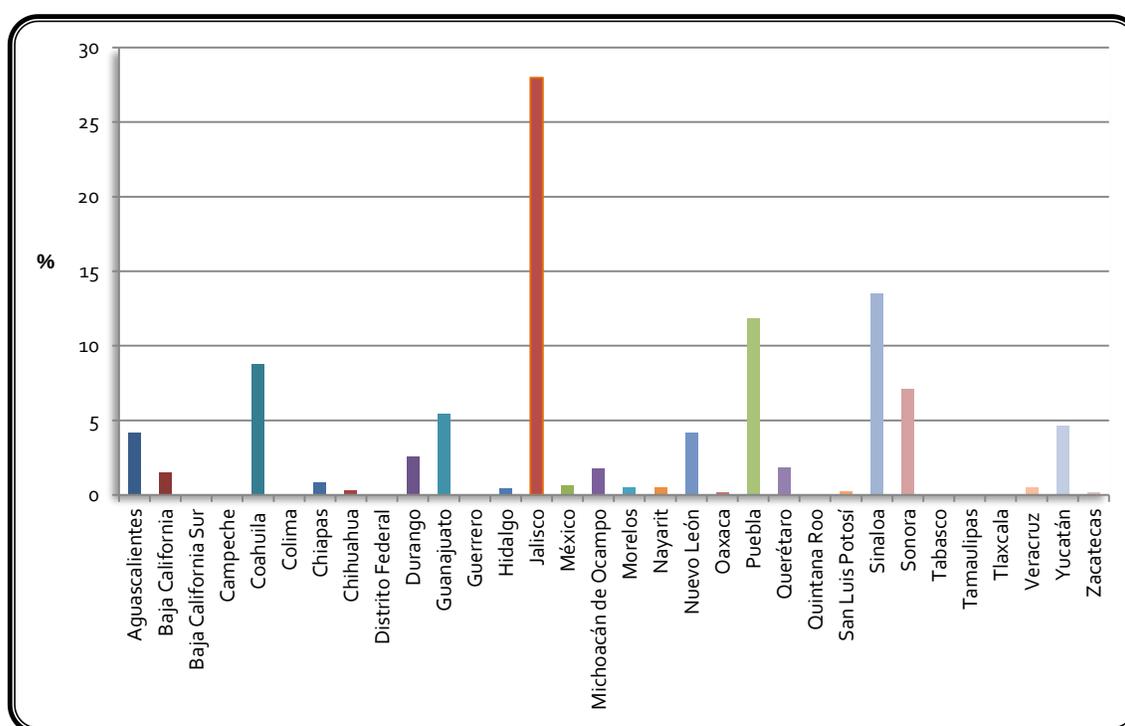


Figura 5. Existencia de gallinas criollas por entidad federativa (Adaptada de INEGI, 2007)

2.3. Reproducción

La reproducción es el proceso por medio del cual se originan nuevos individuos mediante el apareamiento del macho y hembra de una misma especie. De la unión de la célula reproductora del macho (espermatozoide) con la de la hembra (óvulo), se forma el huevo o cigoto que da origen al nuevo ser (CLADES, 1989).

2.3.1. Formación del huevo

Al acercarse el ave hembra a su madurez sexual se producen muchos cambios en su aparato reproductor. Los folículos del ovario son estimulados por la hormona folículo estimulante (FSH), el ovario empieza a producir hormonas sexuales, que estimulan a su vez el desarrollo del oviducto y al mismo tiempo activan al hígado que produce los lípidos y proteínas requeridos para constituir el material de que está formada la yema (figura 6). A partir de que la gallina pone el primer huevo, hay de cinco a diez folículos de diferentes tamaños en el ovario, y su tamaño depende del grado de acumulación de yema que posean (Vaca, 2003).

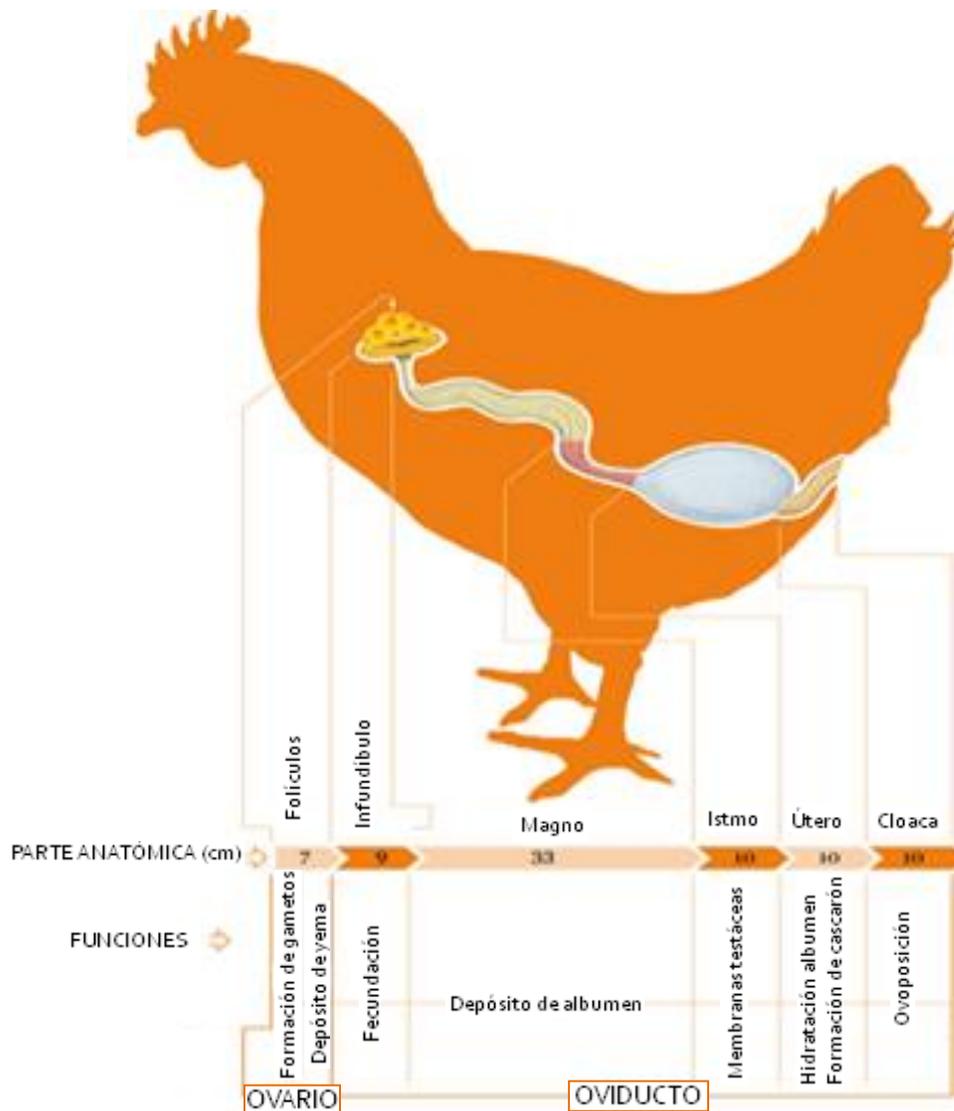


Figura 6. Proceso de formación del huevo (Instituto de Estudios del Huevo, 2010)

2.3.2. Huevo

El huevo es un alimento de gran valor nutritivo, su contenido en proteínas, vitaminas y minerales, ácidos grasos saturados e insaturados, junto a otras sustancias importantes para la salud humana ha servido para que este alimento sea recomendado para una dieta variada y equilibrada (Barroeta, sin año).

2.3.3. Composición química y valor nutritivo

El huevo es uno de los alimentos más completos por su equilibrada proporción de proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales y vitaminas que contiene, lo que proporciona en forma balanceada los nutrientes que el hombre necesita; La proteína que contiene es de muy alta calidad, dado que posee todos los aminoácidos esenciales para la vida y la salud del organismo, además de que dicha proteína es de fácil digestión (Vaca, 2003). No se han encontrado diferencias de valor nutritivo en función de la intensidad del amarillo de la yema, ni por la coloración del cascarón (huevos blancos y rojos), pero sí tienen diferente composición nutricional el huevo entero, la clara y la yema. En cuanto a su peso, este oscila entre 55 y 60 g incluido el cascarón (Martínez y Astiasarán, 2005).

En el huevo, la grasa se encuentra principalmente en la yema, que actúa como fuente concentrada de energía para el proceso metabólico del organismo, además es un excelente proveedor de hierro, fósforo y minerales, así como de vitaminas liposolubles A, D, E y K e hidrosolubles como vitaminas del complejo B (Vaca, 2003). En la composición del huevo la clara representa un 56%, la yema un 32% y el cascarón un 12% del peso total aproximadamente, en la tabla 5 se muestra su composición nutricional.

Tabla 5. Composición nutricional del huevo por cada 100 g

Nutriente	Huevo entero	Clara	Yema
Agua (g)	74.10	87.30	50.00
Proteínas (g)	12.90	11.10	16.10
Hidratos de carbono (g)	0.50	0.70	0.30
Lípidos (g)	11.20	0.20	31.90
Minerales			
Calcio (mg)	56.00	11.00	140.00
Fosforo (mg)	210.00	21.00	590.00
Magnesio (mg)	13.00	12.00	16.00
Hierro (mg)	2.10	0.20	7.20
Zinc (mg)	1.40	0.02	3.80
Vitaminas			
Vitamina A (µg)	0.22	---	0.30
Vitamina D (µg)	1.80	---	2.50
Vitamina E (mg)	1.10	---	3.1
Vitamina B1 (mg)	0.10	0.02	0.30
Vitamina B2 (mg)	0.30	0.30	0.40
Vitamina B6 (mg)	0.12	0.01	0.30
Vitamina B12 (mg)	1.20	0.10	2.00
Ácido fólico (µg)	65.00	16.00	150.00
Vitamina C (mg)	---	0.30	---

(Martínez y Astiasarán, 2005)

2.3.4 Producción de pollos

Al cruzarse el gallo con las gallinas se obtendrán huevos fecundados de los que después de 21 días de incubación natural (cloquez) o artificial (incubadoras) nacerán los pollos, para que el proceso sea exitoso los huevos deben tener menos de 12 días desde que fueron puestos por las gallinas hasta iniciar el proceso de incubación. La incubación natural se inicia una vez que la gallina ha puesto una determinada cantidad de huevos fecundados y cuando la gallina no se levanta, permanece todo el día y la noche dentro de su nido o en algún lugar apartado y tranquilo, se eriza, se aísla, cambia de temperamento y emite un cacareo característico, entonces está clueca (CLADES, 1989). Si la gallina no entra en estado de cloquez, se recurre a la incubación artificial, que consiste en colocar los huevos a incubar bajo condiciones específicas simulando las condiciones de la incubación natural como temperatura y humedad.



Justificación

3. JUSTIFICACIÓN

El consumo de carne de pollo es importante en nuestro país y la avicultura de traspatio es una actividad fundamental en la mayoría de las poblaciones rurales debido a que se utilizan gallinas criollas que se adaptan fácilmente a condiciones adversas, se crían con facilidad, no requieren de gran inversión ya que las instalaciones (gallineros) son elaborados con cualquier material con que se cuente y la alimentación es cubierta en la mayoría de las veces con los granos producidos por la misma familia o es utilizado en ocasiones alimento comercial que complementa su nutrición. Además, la mayoría de las familias que llevan a cabo la producción de traspatio lo hacen para obtener productos de alto valor nutritivo (carne y huevo) a bajo costo para su propio consumo y en segundo lugar para la venta y así generar ingresos a la economía familiar.

Existen estudios que indican que una alternativa de aumentar el consumo de ácidos grasos omega-3 podría ser el consumo de huevo y carne enriquecida con estos ácidos grasos, es por ello que en el presente estudio se llevó a cabo la suplementación de gallinas criollas con aceite de hígado de bacalao como fuente de omega-3 con la finalidad de obtener carne y huevo más saludables y con características organolépticas aceptables, además de carne de pollo con omega-3 procedentes de dichas gallinas.

Lo anterior constituye una opción para que más personas consuman ácidos grasos omega-3 y obtengan los beneficios que estos brindan a la salud de manera más económica, ya que aunque algunos tipos de pescado son la mejor fuente de estos ácidos grasos, muchas personas no lo consumen ya sea por su elevado costo o por sus características sensoriales.



Objetivos

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

- Mejorar los parámetros productivos de gallinas criollas y la composición de sus productos (carne, huevo y pollo) mediante la suplementación con aceite de hígado de bacalao.

4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la combinación dieta base- suplementación con aceite de hígado de bacalao en la mejora de los parámetros productivos de gallinas criollas.
- Mejorar los parámetros fisicoquímicos (proteína, lípidos totales, colesterol, humedad y cenizas) de carne y huevo de gallinas criollas mediante la suplementación con aceite de hígado de bacalao.
- Mejorar el perfil de ácidos grasos de carne y huevo de gallinas criollas por la incorporación de ácidos grasos omega-3 a través de la suplementación con aceite de hígado de bacalao.
- Obtener carne de gallina y huevo más saludables por la suplementación con aceite de hígado de bacalao a gallinas criollas, sin causar cambios en sus características sensoriales.
- Obtener carne de pollo con ácidos grasos omega-3 por suplementación con aceite de hígado de bacalao a gallinas criollas.



Material y métodos

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Condiciones experimentales

El presente trabajo se llevó a cabo en instalaciones ubicadas en el poblado de San Juan Tizahuapan, Epazoyucan-Hidalgo, en donde se mantuvieron las gallinas criollas bajo un sistema de producción semi-intensivo. En la figura 7 se muestra de manera general la metodología experimental.

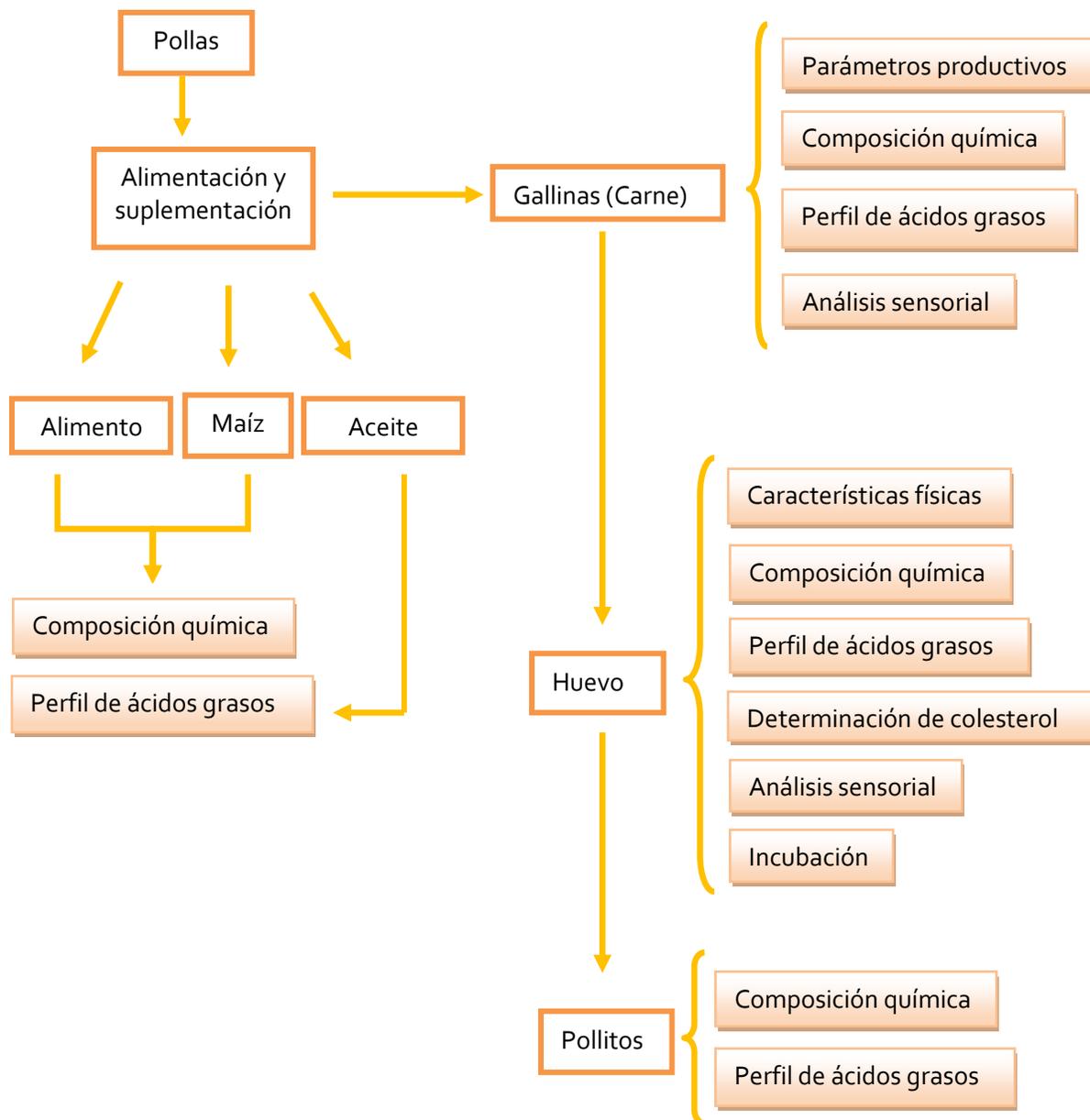


Figura 7. Panorama general de la parte experimental

5.2. Clasificación de aves con base en su dieta

Se utilizaron 60 gallinas criollas de 3 semanas de edad, provenientes de Tulancingo, Hgo. Estas fueron separadas en 4 grupos de entre 12-14 gallinas y de 1-3 gallos y se clasificaron y marcaron con base en su dieta, como se muestra en la tabla 6. Todos los grupos fueron criados bajo un sistema productivo semi-intensivo y durante el período de crianza se les aplicó la vacuna de Newcastle en las primeras 3 semanas de edad por vía ocular o intramuscular.

Los grupos I y II fueron alimentados con alimento balanceado convencional, los grupos III y IV fueron alimentados con maíz quebrado. La dieta de los grupos I y III se suplementó con 3 gotas (0.10 g aprox.) hasta llegar a 6 gotas (0.21 g aprox.) de aceite de hígado de bacalao de la marca Pro-EPA por vía oral como fuente de omega-3, mientras que los grupos II y IV funcionaron como controles.

Tabla 6. Clasificación de aves en base a su dieta

Grupo	Número de ave	Alimentación
I	1-15	Alimento balanceado + 3-6 gotas de aceite de hígado de bacalao
II	16-30	Alimento balanceado
III	31-45	Maíz quebrado + 3-6 gotas de aceite de hígado de bacalao
IV	46-60	Maíz quebrado

Grupo I (Alimento suplementado.); Grupo II (Alimento); Grupo III (Maíz suplementado); Grupo IV (Maíz)

5.3. Parámetros evaluados en gallinas criollas

5.3.1. Consumo de alimento

A cada grupo se les colocaron 2 comederos con un peso conocido de alimento o maíz, al día siguiente se pesó el alimento sobrante. El consumo promedio de alimento por grupo se determinó por diferencia de peso y se registró diariamente. El cálculo se realizó en base a la ecuación 1:

$$\text{g de alimento o maíz consumido por grupo} = \text{g de alimento inicial} - \text{g de alimento sobrante}$$

ec. 1

5.3.2. Consumo de agua

A cada grupo se les colocaron diariamente 3 L de agua distribuidos en dos bebederos de 1.5 L cada uno, al día siguiente se midió y registró la cantidad de agua sobrante con la finalidad de conocer el consumo promedio de cada grupo, para ello se utilizó la ecuación 2:

$$\text{mL de agua consumido por grupo} = \text{mL de agua inicial} - \text{mL de agua sobrante}$$

ec. 2

5.3.3. Incremento de peso

Para esta determinación cada una de las 60 aves fueron pesadas al inicio del experimento, posteriormente se pesaron los lunes, miércoles y sábado de cada semana. Se registró el incremento de peso de cada gallina/gallo de todos los grupos, la ganancia de peso se calculó por semana y posteriormente se manejó mensualmente (promediando los resultados semanales del mes correspondiente) y el cálculo se realizó en base a la ecuación 3:

$$\text{Incremento de peso} = \text{Peso mes actual de gallina/gallo} - \text{Peso mes anterior de gallina/gallo}$$

ec. 3

5.4. Preparación de muestras

5.4.1. Alimento balanceado y maíz

Se tomaron aproximadamente 100 g de alimento y maíz, estos fueron molidos por separado en un mortero con pistilo hasta obtener una muestra homogénea.

5.4.2. Sacrificio de gallinas y pollos

Fueron sacrificadas 3 gallinas de 25 semanas de edad elegidas de manera aleatoria y 8 pollos de 3 semanas de edad de los grupos I y III ambos fueron sacrificados bajo las condiciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, por lo que se realizó la decapitación con un cuchillo y se mantuvieron colgadas de las patas durante 5 minutos de esta manera se logró el desangrado, posteriormente se sometieron a un proceso de escaldado por 1 minuto aproximadamente para facilitar el retiro de las plumas. Una vez sin plumas se lavaron las canales y finalmente se realizó la evisceración.

5.4.2.1. Carne de gallinas

Una vez sacrificadas, desplumadas y lavadas, se retiraron las vísceras y se pesaron las canales de los 4 grupos; después se procedió a su despiece separando pechuga, pierna y muslo sin piel ni grasa subcutánea. Las muestras fueron colocadas en bolsas herméticas a una temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.4.2.2. Huevo

Se seleccionaron aleatoriamente 6 huevos provenientes de las gallinas de cada grupo y se homogenizaron por separado batiendo durante 30 segundos en la licuadora (Osterizer®). Una vez homogenizados, se colocaron en frascos de plástico con tapa hermética y se mantuvieron a $1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.4.2.3. Pollos

Una vez sacrificados, desplumados y lavados, se les retiraron las vísceras y el total de la carne fue homogenizada. Las muestras fueron guardadas en bolsas herméticas a una temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, para su posterior análisis.

5.5. Determinación de la composición química

5.5.1. Humedad

Fundamento

La humedad es la pérdida de agua que sufre la muestra al ser calentada a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta obtener un peso constante.

Procedimiento

La determinación se basó en el método 925.10 de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990), para lo cual se utilizaron charolas de aluminio a peso constante, a las cuales se agregaron entre 3 y 5 g de muestra y se sometieron a calentamiento en una estufa (Felisa®) a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 4-6 h aproximadamente. Transcurrido este tiempo las charolas se enfriaron a temperatura ambiente en un desecador por un período de 1 h aproximadamente y fueron pesadas en una balanza analítica (Ohaus®), hasta obtener un peso constante.

El porcentaje de humedad se calculó empleando la ecuación 4:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_o - P_f}{m} \times 100 \quad \text{ec. 4}$$

Donde:

P_o = Peso inicial de la charola con muestra

P_f = Peso final de la charola con la muestra seca

m = Peso de la muestra (g)

5.5.2. Cenizas

Fundamento. Las cenizas son el residuo que se obtiene después de la incineración de una muestra, comprendiendo el material inorgánico de la misma.

Procedimiento. La determinación de cenizas se basó en el método 940.26 de la AOAC (1990). Se colocaron los crisoles en una mufla (Fisher Scientific®) a una temperatura de 500-550°C durante 5 h y después se dejaron enfriar en un desecador, hasta obtener un peso constante. En los crisoles se pesaron de 2 a 3 g de muestra y se colocaron en una parrilla de calentamiento para incinerar la muestra hasta observar que no desprendiera humo. Posteriormente los crisoles se colocaron en la mufla (Fisher Scientific®) a una temperatura de 500-550°C durante 8 h, se sacaron una vez que las cenizas fueron de color blanco. Se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron hasta alcanzar un peso constante.

El porcentaje de cenizas se calculó en base a la ecuación 5:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_f - P_o}{m} \times 100 \quad \text{ec. 5}$$

Donde:

P_f = Peso del crisol con las cenizas (g)

P_o = Peso del crisol a peso constante (g)

m = Peso de la muestra (g)

5.5.3. Grasa

Fundamento. El material que se extrae de una muestra mediante el reflujo con éter etílico se denomina extracto etéreo o grasa cruda, la cual puede estar constituida por ácidos grasos, ésteres, vitaminas liposolubles, carotenoides y aceites esenciales.

Procedimiento. La determinación de grasa por el método Soxhlet se basó en el método 920.29 de la AOAC (1990). Previo a la determinación, los matraces balón se pusieron a peso constante a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 3 h en una estufa (Felisa®). Se pesaron de 3 a 5 g de muestra previamente seca y se colocaron en cartuchos de celulosa, se taparon con un trozo de algodón y se introdujeron en el compartimento de extracción. En el caso de las muestras de huevo, estas fueron mezcladas con un peso conocido de arena de mar previamente limpia y seca, con la finalidad de convertir la muestra líquida en una mezcla pastosa perfectamente homogénea, evitando así pérdidas de muestra.

A los matraces balón se les adicionaron 150 mL de éter etílico previamente seco, los refrigerantes se colocaron en serie cuidando que el flujo de agua fría fuera constante. Los matraces se sometieron a calentamiento regulado para obtener un flujo constante de éter para la extracción durante 6-8 h. El solvente contenido en los matraces se evaporó a presión reducida, posteriormente se colocaron en una estufa (Felisa®) a 60°C durante 1 h, para evaporar por completo los residuos de éter. Los matraces se enfriaron en un desecador y se pesaron en una balanza analítica hasta obtener un peso constante.

El porcentaje de grasa se calculó mediante la ecuación 6:

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{P_f - P_o}{m} \times 100$$

ec. 6

Donde:

P_f = Peso constante del matraz con el extracto etéreo (g)

P_o = Peso constante del matraz antes de la determinación (g)

m = Peso de la muestra (g)

5.5.4. Proteína

Fundamento. El método de Kjeldahl consta de una oxidación de la materia orgánica mediante la acción de H_2SO_4 , H_3PO_4 y H_2O_2 , obteniéndose como resultado CO_2 , H_2O y N_2 el cual se transforma en $(NH_4)_2SO_4$, usando Cu ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) como catalizador. Añadiendo ($NaOH$ al 50%), el ion NH_4^+ es liberado en forma de NH_3 , que se destila recibiendo en H_3BO_3 formándose $(NH_4)_3BO_3$ que se valora con HCl 0.01 N

Mezcla digestiva. Se pesaron 3 g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ y se disolvieron en 20 mL de agua destilada, se adicionaron 50 mL de H_3PO_4 concentrado y 430 mL de H_2SO_4 concentrado resbalándolo por la pared. Esta mezcla se agitó durante 30 min.

Solución indicadora. Se pesaron 5 g de ácido bórico y se disolvieron en agua destilada, a continuación se adicionaron 35 mL de indicador A (100 mg de fenolftaleína disueltos y aforados a 100 mL con alcohol etílico) y 10 mL de indicador B (33 mg de verde de bromocresol y 66 mg de rojo de metilo aforados a 100 mL con alcohol etílico), se llevaron a un volumen final de 1 L con agua destilada. Se ajustó visualmente con ácido o base el ácido bórico hasta obtener una solución de color café rojizo.

Procedimiento

La determinación de proteína se realizó siguiendo el método de Kjeldahl, 930.29 de la AOAC (1990).

Digestión. Se pesaron de 60-70 mg de muestra, se colocaron en un tubo de digestión Kjeldahl, se agregaron 0.5 g de sulfato de potasio (K_2SO_4) y 3 mL de mezcla digestiva. Se colocaron los tubos en el digestor (Modelo Din 08 Marca Ven) a una temperatura de $370^\circ C$, transcurridos 15 minutos se retiraron y se dejaron enfriar, se adicionaron 1.5 mL de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30% a cada tubo y se colocaron nuevamente en el digestor a $370^\circ C$ hasta que la solución fuera incolora, lo que indicó la ausencia de materia orgánica no digerida. A la par, se prepararon blancos preparados de la misma forma pero sustituyendo la muestra por sacarosa

Destilación. Se llevó a cabo en un destilador automático (Gerhardt® Modelo Vapodest 20), la muestra digerida se colocó en un tubo de destilación limpio (lavado con agua destilada). El destilador se programó para adicionar al contenido del tubo 50 mL de NaOH al 50% con un tiempo de destilación de 6 minutos al 60% de potencia de vapor. El producto de destilación se recolectó en un matraz Erlenmeyer con 50 mL de solución indicadora.

Titulación. El contenido del matraz de recolección se tituló con HCl 0.01 N hasta el vire cambiando de color verde a café rojizo.

Estandarización: La solución de HCl se estandarizó titulando una solución de Na₂CO₃ al 0.01 N (previamente secado) con azul de bromofenol como indicador, dicho indicador se preparó en 15 mL de NaOH 0.01N y aforado a 100 mL de agua destilada.

El porcentaje de proteína se calculó en base a las ecuaciones 7 y 8:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(P - B) \times N \times \text{meq}}{m} \times 100 \quad \text{ec. 7}$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ N} \times F \quad \text{ec. 8}$$

Donde:

P = Volumen gastado en la titulación de la muestra

B = Volumen gastado en la titulación del blanco

N = Normalidad del HCl

meq = Miliequivalentes de nitrógeno (0.014)

m = Peso de la muestra (g)

F = Factor de conversión (6.25)

5.6. Determinación del perfil de ácidos grasos de alimento, carne y huevo

5.6.1. Extracción de lípidos totales

Se colocaron 5 g de carne en un tubo de ensayo, sometiéndola a una extracción con 10 mL de mezcla cloroformo-metanol (2:1) durante 2 días. Posteriormente los tubos fueron centrifugados durante 10 minutos a 4000 rpm, para separar los lípidos totales de la muestra. El contenido del tubo fue filtrado y la grasa extraída se colocó en otro tubo de ensayo limpio. Del filtrado se tomó una alícuota de 500 μ L que se colocó en un tubo para su posterior metilación (Añorve, 2006).

5.6.2. Metilación y extracción de metil ésteres de ácidos grasos (MEAG) presentes en los lípidos totales

Los tubos para metilación con los lípidos totales concentrados procedentes de las muestras, se sometieron a una transesterificación ácida (Metcalfe y Schmitz, 1961); añadiendo 1 mL de BF_3 : MeOH (12,5:100; v/v, Merck®) y se colocaron en un baño termostatzado a 100 °C durante 10 minutos.

Para obtener los MEAG a los tubos se les añadió 1 mL de hexano y 1 mL de agua saturada de hexano, se agitaron vigorosamente los tubos con un Vortex® por 5 minutos y se centrifugaron durante 10 minutos a 4000 rpm, obteniéndose dos fases una inferior (acuosa) que extrajo las impurezas solubles en agua y otra superior (orgánica) en la cual se encontraban los MEAG.

A cada tubo se le retiró la fase inferior, posteriormente se efectuó un segundo lavado con 2 mL de agua saturada de hexano y se repitió el mismo procedimiento del lavado anterior. Se retiró de nuevo la fase inferior y los tubos de metilación se mantuvieron en congelación durante 4 h. De esta forma los restos de agua se congelaron para recuperar por completo la fracción orgánica al mantenerse esta en estado líquido.

La fase orgánica con los (MEAG) se transvasó a un vial de inyección de 1 mL con fondo en pico y fue concentrado con flujo de nitrógeno (N_2) para evitar la oxidación. El contenido del vial se redisolvió a 0.5 mL de diclorometano (Cl_2CH_2) y se homogenizó durante 1 minuto, de esta solución se inyectó 1 μ L en un cromatógrafo de gases para identificar y cuantificar los ácidos grasos presentes en las muestras.

5.6.3. Identificación y cuantificación de los MEAG mediante cromatografía de gases (GC)

La cuantificación de los MEAG se realizó utilizando un cromatógrafo de gases (GC) marca Perkin-Elmer, modelo Autosystem XL equipado con un detector de ionización de llama (FID), empleando una columna capilar polar (SP TM -2560 75 m X 0.18 mm de D.I. X 0.14 μm de epf, de Supelco™), con un volumen de inyección de modo splitless de 1 μL . El programa de temperatura de la columna fue: temperatura inicial de 150°C, aumentando 4°C/min hasta 214°C, manteniendo durante 2 minutos, posteriormente aumentando 2.5°C/min hasta 244°C y manteniendo finalmente esta temperatura durante 5 minutos.

Se utilizó nitrógeno como gas portador a un flujo de 1 mL/min, teniendo un total de corrida de 35 minutos. Asimismo, la identificación de los MEAG de las muestras se realizó por comparación con los tiempos de retención de una mezcla patrón de ácidos grasos metilados (anexo 1), inyectados previamente (FAME Mix C₄-C₂₄, Supelco®).

La cuantificación se realizó comparando el contenido de los MEAG presentes en el estándar de 10 mg/mL y el cálculo de los ácidos grasos presentes en las muestras se realizó en base a la ecuación 9.

$$\text{Concentración de ácido graso (mg/100g)} = (C_s \times A_m) / A_s \times ((F_d \times a)) / m \times 100$$

ec. 9

Donde:

C_s = Concentración (mg/mL) de ácido graso estándar

A_m = Área de ácido graso muestra

A_s = Área de ácido graso estándar

F_d = Factor de dilución (20)

a = Alícuota (0.5 mL)

m = Muestra (g)

5.7. Determinación de características físicas del huevo

Las condiciones de nido, colecta, manejo y almacenamiento del huevo se mantuvieron como tradicionalmente las practican las familias campesinas propias del lugar. Una vez iniciada la etapa de

postura de los 4 grupos, se registró la madurez sexual y la producción de huevo, así como las características físicas de los mismos.

5.7.1. Madurez sexual y producción de huevo

La madurez sexual se determinó registrando la fecha en que comenzaron la etapa de postura las aves de cada grupo.

5.7.2. Color

Se determinó de manera visual, registrando el color tanto del cascarón como de la yema del huevo de cada grupo.

5.7.3. Tamaño y peso

Diariamente se colectaron y pesaron de manera individual los huevos de cada grupo utilizando una balanza digital especial para huevo.

5.8. Determinación de colesterol en yema de huevo

El análisis de colesterol se efectuó mediante la reacción de Liebermann-Burchard.

Fundamento

En solución clorofórmica el colesterol reacciona con anhídrido acético y ácido sulfúrico para dar un complejo de oxidación de color verde que resulta de la mezcla de dos compuestos: uno de color azul y otro amarillo, ambos se cuantifican a 640 nm.

5.8.1. Extracción de los lípidos de la yema de huevo

Se utilizaron 6 yemas de huevo de cada uno de los grupos, las cuales fueron homogenizadas en una licuadora Osterizer® durante 5 minutos, de esta mezcla se tomaron 5 g y se mezclaron con 10 mL de cloroformo-metanol (2:1 v/v). Se agitó durante 20 minutos en un baño de hielo y se filtró, el filtrado se mezcló con 5 mL de KCl 0.1 M, se agitó y dejó reposar para separar las dos fases, posteriormente se centrifugó a 2500 rpm por 5 minutos. Se eliminó la fase superior y de la parte inferior (orgánica) se tomó una alícuota para su análisis, para ello previamente se preparó una curva de calibración usando estándar de colesterol (tabla 7).

Tabla 7. Preparación de curva de calibrado para colesterol

TUBO No.	B	1	2	3	4	5	Muestra
Estándar de colesterol * (ml) 80 µg/mL	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	0.00
Cloroformo (mL)	1.25	1.00	0.75	0.50	0.25	0.00	1.25
Extracto de lípido (µL)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00
Anhídrido acético (mL)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
AGITAR							
Ácido sulfúrico concentrado (µL)	50	50	50	50	50	50	50
Agitar e incubar 5 minutos a temperatura ambiente							

Los tubos fueron agitados e incubados por 5 minutos a temperatura ambiente para desarrollar el color. Posteriormente se leyeron en un espectrofotómetro a 640 nm antes de que transcurrieran 20 minutos (debido a que el producto de reacción es inestable).

Una vez obtenidas las lecturas para cada uno de los estándares y elaborada la curva de calibración, se cuantificó el contenido de colesterol por interpolación. La curva de calibrado sigue un comportamiento lineal con respecto a la concentración de colesterol vs absorbancia a 640 nm. El contenido de colesterol en las muestras se determinó mediante la ecuación 10.

$$A = a \times [\text{colesterol}] + b \quad \text{ec. 10}$$

Donde:

A= Absorbancia a 640 nm

a= pendiente

[colesterol]= concentración de colesterol

b= ordenada al origen.

5.9. Incubación de huevos

De los grupos I y III se eligieron al azar 15 huevos 3 días después de su postura, no se utilizaron huevos de los grupos control debido a que no coincidieron las fechas de postura con las de los grupos suplementados y tenían más de 12 días desde su postura y después de este tiempo no es recomendable incubarlos. Los huevos se llevaron a una incubadora artificial con una temperatura de 37.7°C, con volteo automático a intervalos de 2 horas y con un recipiente con agua para proveerlas de humedad de la tienda de pollos AVIPOLLITO ubicada en Tulancingo, Hgo, para la obtención de pollos y llevar a cabo el análisis de su carne.

5.10. Análisis sensorial de huevo y carne de gallina (prueba triangular)

La prueba triangular consiste en presentar al catador tres muestras codificadas, de las cuales dos son iguales y la otra restante es diferente. La prueba recibe este nombre por la forma de presentar las muestras, ya que generalmente cada muestra ocupa el vértice de un triángulo y se indica al catador que empiece la degustación por uno de ellos y siga en orden (Sancho *et al.*, 2002).

Una de las aplicaciones de la prueba triangular es la evaluación del efecto de la sustitución de un ingrediente por otro (Anzaldúa, 2005). Esta prueba resulta muy útil en el control de calidad para asegurar que los distintos lotes de un producto mantengan las características requeridas o para detectar si el cambio de un ingrediente provoca diferencias apreciables. Este tipo de prueba es ampliamente utilizada, ya que su elaboración e interpretación son muy simples y no es necesario contar con personas que hayan sido entrenadas durante mucho tiempo (Sancho *et al.*, 2002).

5.10.1. Preparación de muestras

5.10.1.1. Carne

La carne de la pierna-muslo fue cocida por separado de la pechuga, la carne se sometió a cocción en agua sin adicionar sal ni cebolla, al estar cocida se hicieron cortes en cubos de 1 cm aproximadamente.

5.10.1.2. Huevo

Los huevos fueron sometidos a cocción, para ello se sumergieron en agua en ebullición durante 15 minutos, se dejaron enfriar y se les retiró el cascarón. Una vez cocidos y sin cascarón fueron cortados

en rodajas de aproximadamente 0.5 cm de grosor con la finalidad de que la muestra de huevo tuviera tanto yema como clara al ser presentada a los catadores.

5.10.2. Evaluación de muestras

En este estudio se evaluó si la adición de aceite de hígado de bacalao en la dieta de las aves modificó las características sensoriales de la carne de gallina. La prueba se realizó a las 11 am y se contó con la colaboración de 12 jueces semientrenados (6 mujeres y 6 hombres de entre 21 y 29 años), a los cuales se les presentaron 3 muestras ocupando cada una el vértice de un triángulo, de las cuales 2 eran iguales y 1 diferente pidiéndole a cada juez que identificará cuál de ellas era la distinta y que siguiera las instrucciones mencionadas en la ficha de cata que se muestra en el anexo 2.

La evaluación de la carne consistió en dos sesiones, en la primera se analizó la pechuga y en la segunda la pierna-muslo, comparando los grupos I marcado como A y II marcado como B y los grupos III (marcado como C) y IV (marcado como D) para saber si existían diferencias entre el grupo suplementado y el grupo control de cada una de las 2 dietas, en una tercera sesión se realizó la evaluación del huevo comparando los mismos grupos que en la carne como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Evaluación de muestras en base a su dieta

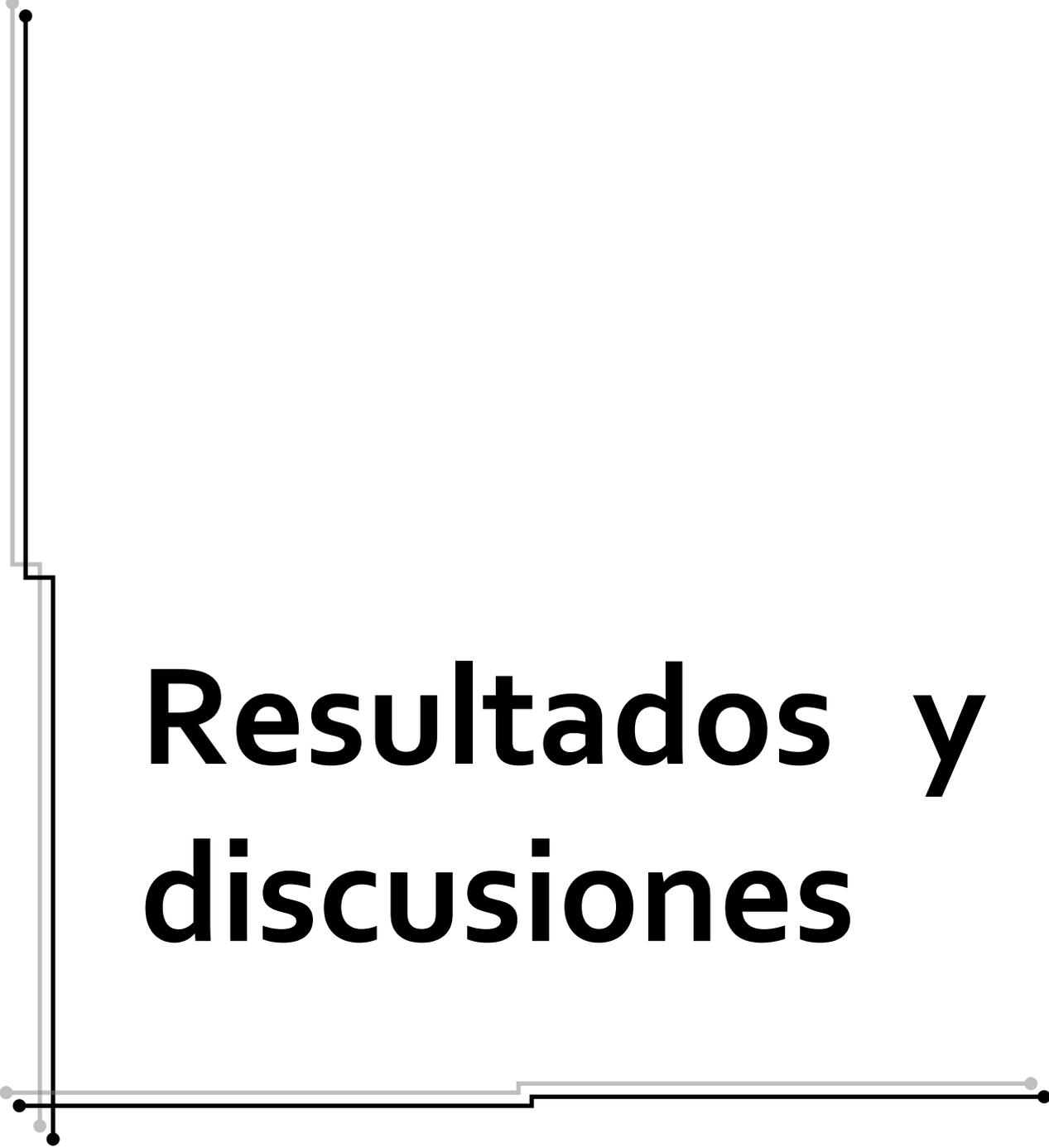
Muestra	Sesión	Grupo
PECHUGA	Primera	A= grupo alimentado con alimento comercial + aceite de hígado de bacalao.
A vs B		
C vs D		
PIERNA-MUSLO	Segunda	B= grupo alimentado con alimento comercial. C= grupo alimentado con maíz + aceite de hígado de bacalao.
A vs B		
C vs D		
HUEVO	Tercera	D= grupo alimentado con maíz.
A vs B		
C vs D		

5.10.3. Interpretación de resultados

Se eligió un nivel de significación del 1%. Las respuestas correctas obtenidas se sumaron y el resultado se comparó con el dato correspondiente de la tabla para la interpretación de resultados de la prueba triangular (UNE-87006: 1992)

5.11. Análisis estadístico

El análisis estadístico de todas las determinaciones se efectuó con el programa STATGRAPHICS® Centurion XV, se realizó un ANOVA simple acoplado a la prueba de comparación múltiple de Tukey, para establecer diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%.



Resultados y discusiones

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. DIETA BASE

6.1.1. Composición química (alimento comercial y maíz)

En la comunidad donde se realizó el presente estudio, generalmente se acostumbra utilizar maíz para la alimentación de gallinas criollas y cuando no se cuenta con este grano se recurre al alimento comercial para pollo o incluso pueden ser mezclados. En este caso se utilizaron ambos tipos de alimento. En la tabla 9 se describe su composición química, donde se puede observar que el alimento comercial presentó un mayor contenido de nutrientes excepto de humedad, lo anterior puede ser originado porque este es elaborado con una mezcla de cereales molidos, pastas de oleaginosas, subproductos de cereales, melaza, vitaminas, minerales, carbonato de calcio, fosfato monocálcico, cloruro de sodio, carbonato de cobre, carbonato de cobalto, óxido de zinc, sulfato ferroso, sulfato de manganeso, yoduro de potasio, y metionina, por ello resultó un alimento con mejor balance nutrimental.

Por otro lado, a pesar de que el maíz posee un alto contenido de carbohidratos (principalmente almidón), este tiene una baja cantidad de fibra y proteína deficiente en aminoácidos esenciales como lisina y metionina (Ávila, 2004). Es interesante resaltar que el alimento presentó aproximadamente el doble del contenido de proteína y un mayor contenido de grasa que el maíz (tabla 9) y según el tipo de alimento consumido será la disponibilidad de energía del ave, esta energía se libera por medio de complejas reacciones bioquímicas relacionadas con el mantenimiento de los tejidos corporales, la actividad fisiológica, el crecimiento y la producción de huevo (Quintana, 2003).

Tabla 9. Composición química de alimento comercial y maíz (dietas base)

Composición química (%)					
Dieta base	Humedad	Cenizas	Proteína	Grasa	E.L.N
Alimento	8.7±0.03 ^a	5.2±0.11 ^b	11.4±0.07 ^b	5.2±0.12 ^b	55*
Maíz	11.4±0.10 ^b	1.0±0.08 ^a	6.5±0.30 ^a	3.0±0.22 ^a	76-82**

(a-b) diferentes letras en la columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). E.L.N. Extracto libre de nitrógeno * Etiqueta de alimento balanceado para aves. **(Serna,1996).

Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

6.1.2. Perfil de ácidos grasos (alimento, maíz y aceite de hígado de bacalao)

El perfil de ácidos grasos (tabla 10) muestra la presencia de C_{14:0}, C_{20:0} y C_{23:0} en el alimento comercial, mientras que el maíz sólo presentó C_{20:0} en menor proporción, lo cual se puede deber a que el alimento balanceado al estar elaborado de una mezcla de cereales y oleaginosas presenta un perfil de AGS más completo que el del maíz. Por su parte el aceite de hígado de bacalao mostró un alto contenido de ácido esteárico (C_{18:0}) y su contenido global de AGS fue superior al de ambos tipos de alimento, ya que generalmente este tipo de aceite además de ser rico en AGPI, también contiene porciones considerables de AGS y AGMI (Castillo, 2004).

Tabla 10. Perfil de ácidos grasos de dieta base y aceite de suplementación (mg/100 g)

Ácido graso	Alimento balanceado	Maíz	Aceite de hígado de bacalao
C 12:0	ND	ND	38.42±1.35
C 14:0	35.14±0.87 ^b	ND	30.81±0.04 ^a
C 18:0	ND	ND	295.77±5.74
C 20:0	57.51±0.90 ^c	30.69±0.93 ^b	25.62±1.30 ^a
C 23:0	30.03±0.96	ND	ND
C 24:0	ND	ND	103.38±2.01
Total AGS	122.68	30.69	494.00
C 15:1	851.75±5.84 ^c	454.45±7.81 ^b	64.45±1.18 ^a
C 16:1	8.35±0.46 ^a	ND	49.73±0.16 ^b
C 17:1	54.90±1.32 ^a	56.61±0.26 ^a	39.55±0.70 ^b
C 18:1 n9 c	2207.11±3.06 ^c	863.80±17.43 ^b	493.93±2.57 ^a
C 20:1	41.23±1.95	ND	ND
C 24:1	ND	ND	83.78±1.44
Total AGMI	3163.34	1374.86	731.44
C 18:2 n6 c	1678.22±5.87 ^a	1790.53±45.19 ^b	ND
C 18:3 n6	28.75±0.45 ^c	15.34±0.46 ^b	12.81±0.65 ^a
C 18:3 n3	ND	ND	1711.06±8.6
C 20:3 n6	16.77±1.48	ND	ND
C 20:3 n3	ND	ND	519.46±2.61
C 20: 4 n6	ND	ND	61.91±2.19
C 20:5 n3 (EPA)	25.36±0.05 ^a	ND	12402.0±152.54 ^b
C 22:6 n3 (DHA)	84.61±4.30 ^a	ND	3316.58±60.79 ^b
Total AGPI	1833.71	1805.87	18023.76

(a-c) diferentes letras en la fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$). ND= No detectado
 AGS= ácidos grasos saturados; AGMI= ácidos grasos monoinsaturados y AGPI= ácidos grasos poliinsaturados.
 Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

Los principales AGMI presentes en las dietas base y en el aceite de hígado de bacalao fueron el C_{15:1}, C_{17:1} y en mayor proporción el C_{18:1n₇c}, en el caso de las dietas base esto pudo deberse a que los cereales y oleaginosas de los que están hechos son ricos en este último ácido graso, posiblemente por ello la proporción global de AGMI del alimento balanceado fue mayor que la del maíz.

En el caso de los AGPI, el ácido linoleico C_{18:2n₆c} fue el mayoritario en ambos tipos de dieta, sin embargo, lo fue aún más en el caso del maíz. La presencia de este ácido graso es de suma importancia ya que al ser consumido por el ave es reesterificado y mediante una serie de transformaciones es utilizado para la formación de la yema de huevo (Castillo, 2004). La diferencia principal entre las dietas fue la presencia de ácidos grasos omega-3, EPA y DHA en el alimento comercial. A pesar de que el maíz presentó un menor contenido de grasa total, su contenido global de AGPI fue muy cercano al del alimento balanceado.

Por otro lado el perfil de ácidos grasos del aceite de hígado de bacalao presenta un contenido muy elevado de AGPI principalmente en forma de ALA (C_{18:3 n₃}), EPA y DHA que son ácidos grasos cuyo consumo se ha asociado con efectos benéficos en la salud humana y que en éste trabajo se pretenden incorporar en la carne de las gallinas, el huevo y los pollos provenientes de dichos huevos.

6.2. GALLINAS

6.2.1. Parámetros productivos

6.2.1.1. Consumo de alimento

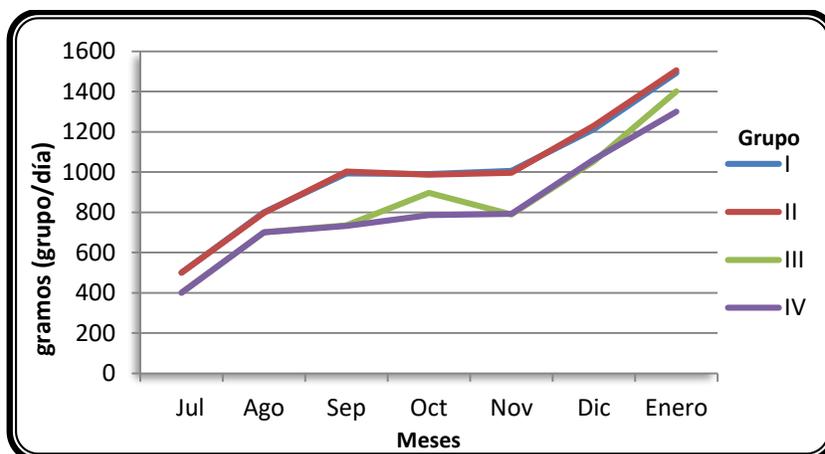
En la tabla 11 se observa el incremento gradual en el consumo de alimento que presentaron los 4 grupos bajo estudio conforme fueron creciendo las aves, ya que al aumentar la edad del pollo aumenta su capacidad corporal y con ello el volumen de alimento consumido por día (Juárez y Ortiz, 2001). Sin embargo, no se encontraron diferencias entre los grupos suplementados y sus respectivos controles (I vs II y III vs IV) en la mayoría de los meses, lo que indica que la dieta base influyó en el consumo de alimento, pero no la suplementación. De igual forma, se observa que existen diferencias estadísticamente significativas en el consumo diario de alimento entre los grupos controles (II y IV).

Tabla 11. Consumo de alimento de gallinas criollas en el período Julio-Enero (g)

GRUPOS								
Mes	I Alimento Suplementado		II Alimento		III Maíz Suplementado		IV Maíz	
	Consumo (g)							
	Grupo/día	Ave/día	Grupo/día	Ave/día	Grupo/día	Ave/día	Grupo/día	Ave/día
Jul	500±10.0	33.3±0.6 ^b	500±17.3	33.3±1.1 ^b	400±10.0	26.6±0.7 ^a	400±17.3	26.6±1.1 ^a
Ago	800±26.4	53.3±1.7 ^b	797±5.7	53.1±0.3 ^b	700±17.3	46.6±1.1 ^a	700±5.8	46.6±0.4 ^a
Sep	993±20.8	66.2±1.3 ^b	1003±15.2	66.8±1.0 ^b	735±13.2	49.0±0.8 ^a	733±15.2	48.8±1.0 ^a
Oct	990±10.0	66.0±0.6 ^c	986±23.0	65.7±1.5 ^c	896±5.7	59.7±0.4 ^b	786±11.5	52.4±0.7 ^a
Nov	1006±11.5	67.0±0.7 ^b	996±5.7	66.4±0.4 ^b	790±10.0	52.6±0.6 ^a	793±5.8	52.8±0.4 ^a
Dic	1213±32.1	80.8±2.1 ^b	1230±26.4	82.0±1.7 ^b	1053±50.3	70.2±3.3 ^a	1063±47.2	70.8±3.1 ^a
Ene	1493±5.7	99.5±0.3 ^c	1505±5.0	100.3±0.3 ^c	1401±12.5	93.4±0.8 ^b	1300±10.0	86.6±0.6 ^a

Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar
(a-c) diferentes letras en una misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

Shimada (2003) afirma que las aves regulan su ingestión de alimento con base en la energía contenida en él y el tamaño del animal, lo anterior coincide con lo encontrado en el presente estudio en el cual las gallinas con alimento comercial como dieta base presentaron un mayor consumo diario tanto por ave como por grupo (figura 8). Aunque el alimento presentó un mayor contenido de grasa y proteínas que el maíz, este último contiene una mayor proporción de carbohidratos que originan que el aporte energético sea mayor e inmediato, al respecto Díaz y Bonilla (2003) mencionan que los carbohidratos son la forma más rápida que los animales tienen de obtener energía, por lo que el menor consumo de los grupos III y IV se ve reflejado en el poco desarrollo que presentaron estas aves.



Grupo I (Alimento suplementado); Grupo II (Alimento); Grupo III (Maíz suplementado); Grupo IV (Maíz)

Figura 8. Consumo de alimento por grupo de gallinas criollas (g)

El aporte energético del maíz no les aseguró un suministro adecuado de nutrientes a las aves, lo que provocó que llegaran a picarse entre sí y comieran sus plumas en un intento de cubrir estas deficiencias de nutrientes (Damron *et al.*, 1998), fenómeno que no se observó en los que recibieron alimento comercial como dieta base, ya que éste contaba con un balance adecuado de nutrientes.

El consumo por ave en los meses de Diciembre-Enero osciló entre los 70.2 g y 100.3 g, mostrando un aumento notable en los 4 grupos (figura 8), dicha tendencia se relaciona con la temperatura ambiente debido a que en climas fríos necesitan consumir más alimento, para mantener uniforme su temperatura corporal (Vaca, 2003). Este período coincidió también con la etapa de postura y en ella el ave necesita un mayor consumo de nutrientes para cubrir los requerimientos tanto para su desarrollo como para la producción de huevo (Ávila, 2004).

6.2.1.2. Consumo de agua

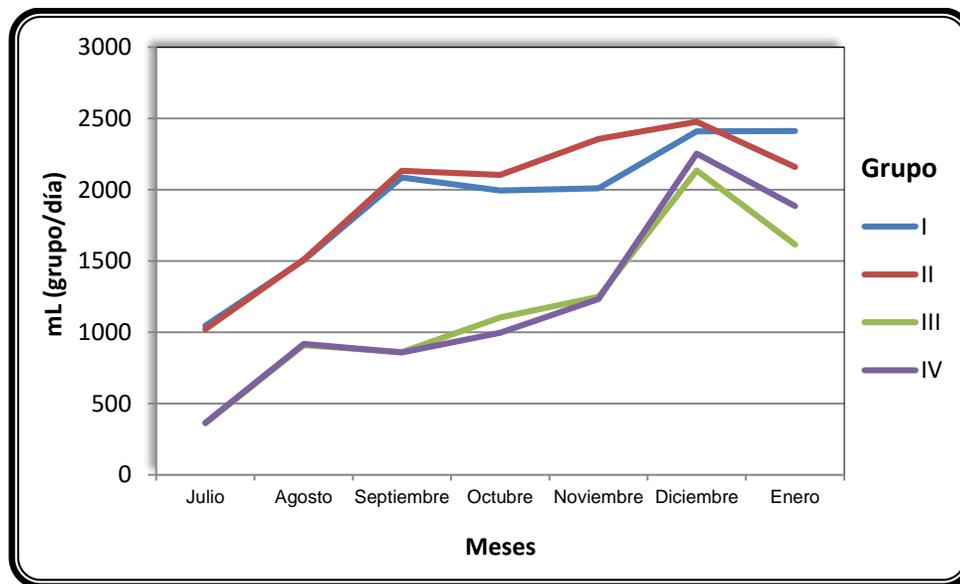
En el consumo de agua, las aves mostraron la misma tendencia que para el consumo de alimento (tabla 12). Las que tenían una dieta base con maíz presentaron un menor consumo de agua, lo que indica que hay una relación directa entre el consumo de alimento y de agua. En los primeros meses del análisis no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el consumo de agua entre las aves con la misma dieta base (control vs suplementado), sin embargo, en los últimos meses los grupos de la misma dieta si mostraron diferencias, lo que pudo ser originado por diferentes factores como la edad, peso del ave, temperatura ambiente, rendimiento productivo, la suplementación con

el aceite de hígado de bacalao o cambios metabólicos y hormonales del ave causado por el estrés de la etapa de postura (Quintana, 2003).

Tabla 12. Consumo de agua de gallinas criollas en el período Julio-Enero (mL)

GRUPOS								
Mes	I		II		III		IV	
	Alimento suplementado		Alimento		Maíz Suplementado		Maíz	
	Consumo (mL)							
	Grupo/día	Ave/día	Grupo/día	Ave/día	Grupo/día	Ave/día	Grupo/día	Ave/día
Jul	1046±40.7	69.7±2.7 ^b	1021±37	68.0±2.4 ^b	360±10.0	24.0±0.6 ^a	366±5.7	24.4±0.4 ^a
Ago	1506±11.5	100.4±0.7 ^b	1510±10.0	100.6±0.6 ^b	910±10.0	60.6±0.6 ^a	918.3±2.8	61.2±0.2 ^a
Sep	2086±32.1	139.0±2.1 ^b	2133±41.6	142.2±2.7 ^b	861±2.8	57.4±0.2 ^a	858±7.6	57.2±0.5 ^a
Oct	1995±5.0	133.0±0.3 ^c	2105±5.0	140.3±0.3 ^d	1105±8.6	73.6±0.6 ^b	998±7.6	66.5±0.5 ^a
Nov	2010±17.3	134.0±1.1 ^b	2356±49.3	157.0±3.3 ^c	1250±10.0	83.3±0.7 ^a	1233±28.8	82.2±1.9 ^a
Dic	2411±10.4	160.7±0.7 ^c	2478±3.4	165.2±0.2 ^d	2135±5.0	142.3±0.3 ^a	2255±5.0	150.3±0.3 ^b
Ene	2413±15.2	160.8±1.0 ^d	2161±7.6	144.0±0.5 ^c	1615±5.0	107.6±0.3 ^a	1886±11.5	125.7±0.7 ^b

(a-d) diferentes letras en una fila indican diferencia significativa (p<0.05). Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar



Grupo I (Alimento suplementado.); Grupo II (Alimento); Grupo III (Maíz suplementado); Grupo IV (Maíz)

Figura 9. Consumo de agua por grupo de gallinas criollas (mL)

La figura 9 muestra que en general el consumo de agua disminuyó en el período Diciembre-Enero debido probablemente a que la temperatura bajó, además, dicho consumo estuvo relacionado con el

consumo de alimento, ya que los grupos alimentados con maíz al comer menos, también bebieron una menor cantidad de agua.

6.2.1.3. Incremento de peso

El consumo de alimento y agua se vio reflejado en el incremento de peso de cada grupo de aves (tabla 13). Las aves de los grupos I y II (dieta a base de alimento comercial) incrementaron de peso más rápido y en mayor proporción que los grupos III y IV (dieta a base de maíz); lo anterior guarda relación con el menor contenido de proteínas y nutrientes del maíz respecto al alimento comercial, debido a que los requerimientos de proteína y aminoácidos durante el período inicial del ave son críticos y la deficiencia de proteína total o de un aminoácido esencial reduce la tasa de crecimiento (Richard, 1994).

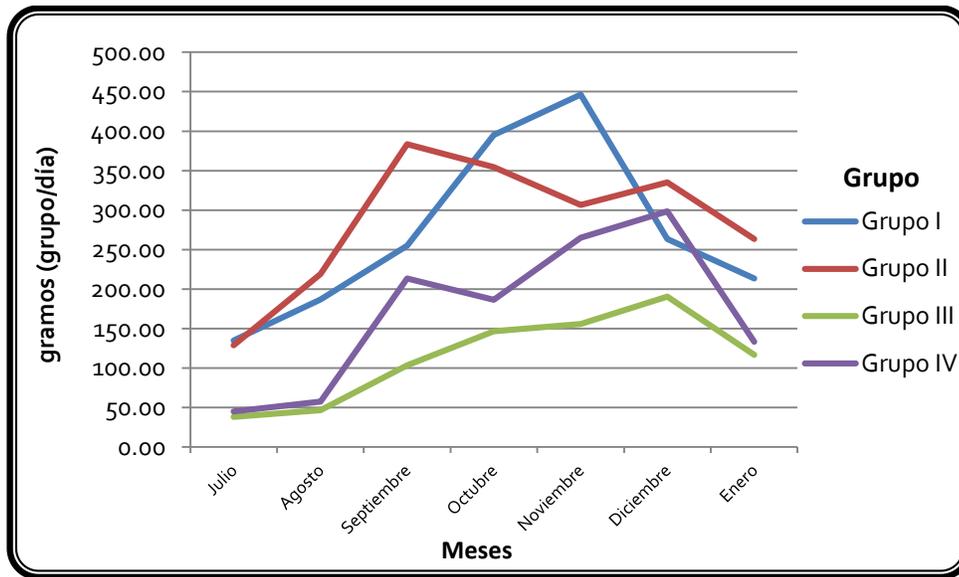
Tabla 13. Incremento de peso por grupo de gallinas criollas (g)

MES	GRUPOS			
	I Alimento suplementado	II Alimento	III Maíz suplementado	IV Maíz
Julio (peso inicial)	134±0.57 ^d	128±1.01 ^c	38±1.00 ^a	45±0.58 ^b
Agosto	186±5.7 ^c	219±3.6 ^d	47±2.8 ^a	57±2.5 ^b
Septiembre	255±5.0 ^c	383±5.7 ^d	103±5.7 ^a	213±5.8 ^b
Octubre	395±5.0 ^d	354±5.1 ^c	146±5.7 ^a	186±5.5 ^b
Noviembre	446±6.3 ^d	306±5.7 ^c	155±5.1 ^a	265±5.0 ^b
Diciembre	263±5.7 ^b	335±5.0 ^d	190±5.5 ^a	298±7.6 ^c
Enero	213±5.7 ^c	263±5.7 ^d	116±2.8 ^a	133±5.7 ^b

(a-d) diferentes letras en una fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$). Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

La curva de peso corporal se divide principalmente en 3 fases, la primera comprende de 0-6 semanas en donde parte de la uniformidad y el tamaño del ave es determinada, pues es la fase fundamental para su crecimiento y desarrollo, la segunda es de 6-16 semanas de edad la cual se basa en el mantenimiento de las aves, la tercera es a partir de las 16 semanas cuando las aves necesitan acelerar la velocidad de crecimiento para prepararse para el desarrollo sexual y la postura (Cobb, 2008). Este comportamiento se observa en la figura 10 donde en la primera fase (que va del 20 de julio al 4 de agosto + 4 semanas que tenían al inicio) los 4 grupos aumentaron de tamaño aunque los

que fueron alimentados con maíz como dieta base (III y IV) lo hicieron en menor proporción a los de alimento comercial. En el caso de los grupos suplementados estos presentaron un menor incremento de peso con respecto a sus controles (I vs II y III vs IV), esto último pudo ser originado por el proceso de adaptación a la suplementación con el aceite de hígado de bacalao.



Grupo I (Alimento suplementado); Grupo II (Alimento); Grupo III (Maíz suplementado); Grupo IV (Maíz)

Figura 10. Incremento de peso de gallinas criollas por grupo

En la segunda fase que va de mediados de agosto al 2 de diciembre, los grupos suplementados I y III presentaron un aumento de peso constante aunque en menor proporción que sus controles. Los grupos controles (II y IV) a pesar de haber disminuido entre septiembre y octubre al final de esta etapa presentaron un peso mayor, esta diferencia en la ganancia de peso pudo estar asociada al efecto de la suplementación de los grupos (I y III).

Al inicio de la última fase (inicios de diciembre) los grupos II, III y IV mostraron un incremento en la ganancia en peso debido a la preparación para la etapa de postura. En la última parte de ésta fase (inicios de enero) todos los grupos disminuyeron su peso debido al inicio de la postura, confirmado esto en las aves del grupo I que iniciaron la postura con anterioridad (figura 10). Estos resultados coinciden con lo reportado por Juárez y Ortiz (2001) quienes estudiaron los indicadores de eficiencia alimentaria del pollo criollo y mencionan que en las primeras semanas del experimento el consumo de alimento y el incremento de peso aumentaron gradualmente pero al final estos dos parámetros disminuyeron.

El hecho de que las aves alimentadas con maíz consumieran una menor proporción del grano durante todo el experimento y la deficiencia de nutrientes que presenta, está relacionado con el bajo incremento de peso que tuvieron como se observa en la (figura 10), debido a que el ave al alimentarse satisface en primer lugar las necesidades de energía para el mantenimiento y en última instancia las necesidades de producción de carne (Ávila, 2004). En este sentido Leeson (1996) indican que las dietas con menor densidad de nutrientes, deberían ser suministradas a partir de que se alcanza el peso objetivo de la etapa de madurez del ave.

6.2.1.4. Peso de canales sin vísceras

Las aves que recibieron el alimento comercial como dieta base tuvieron el mayor peso final tanto en pie como en canal (tabla 14). Esto guarda relación con el mayor contenido de proteína y el balance adecuado de nutrientes en el alimento comercial, que lo hacen apto para el crecimiento y desarrollo de las aves, a diferencia del maíz quebrado. Sin embargo, es importante destacar que aún cuando las aves alimentadas con maíz presentaron menor peso, se encuentran dentro de lo reportado para gallinas criollas, que generalmente son pequeñas y no producen abundante carne, crecen lentamente y ponen pocos huevos (Portillo, 2007).

Tabla 14. Peso de aves en pie al inicio, final y como canal

Grupo	Peso (g)		
	Inicial	Final	Canal
I Alim. suplem.	135±5.0 ^a	1890±3.0 ^c	1415±5.0 ^d
II Alimento	129±2.5 ^a	1991±3.2 ^d	1394±5.6 ^c
III Maíz suplem.	132±2.6 ^a	890±1.5 ^a	718±3.0 ^a
IV Maíz	133±5.5 ^a	1282±4.0 ^b	1005±4.5 ^b

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado

(a-d) diferentes letras en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

6.2.2. Composición química de carne de gallina criolla

6.2.2.1. Humedad

6.2.2.1.1. Pierna-muslo

Debido a que el agua es el constituyente químico más abundante de la carne (Carvajal, 2001), este nutriente fue el que se encontró en mayor proporción en los 4 grupos (68.39-72.05) lo cual corresponde a lo reportado por Pardo (1998) y Gil (2010) quienes señalan valores de humedad de 66-72.7% para pierna-muslo de gallina.

El análisis de varianza (tabla 15) reveló que la carne de las aves de los grupos control de alimento (II) y maíz suplementado (III) presentaron el contenido de humedad más elevado y hubo diferencias estadísticamente significativas respecto a los grupos I y IV. Lo anterior demostró que la suplementación no fue un factor importante sobre el contenido de humedad en la carne.

Tabla 15. Contenido de humedad en carne de gallina criolla (%)

Grupo	% Humedad	
	Pierna-muslo	Pechuga
I Alim. suplement.	68.39±0.18 ^a	71.55±0.21 ^a
II Alimento	70.72±0.09 ^b	72.90±0.27 ^{ab}
III Maíz suplement.	72.05±0.08 ^c	74.01±0.58 ^b
IV Maíz	70.14±0.22 ^b	75.77±0.51 ^c

Alim. suplement.= Alimento suplementado; Maíz suplement.= Maíz suplementado
(a-d) diferentes letras en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$)
Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

6.2.2.1.2. Pechuga

Al igual que en la pierna-muslo el agua fue el constituyente que predominó en esta parte de la canal, sin embargo, el contenido de humedad de los grupos I, II y III están por debajo del 75% reportado por Arenas de Moreno *et al.*, (2000) y Eslaín (1999), mientras que el grupo control IV que fue el más elevado coincide con los valores reportados por estos autores; lo anterior se puede atribuir a que en los últimos meses del experimento las aves de este grupo presentaron un mayor consumo de agua, lo que favoreció su incorporación en la carne.

Por otro lado, el menor contenido de humedad en la pechuga de las aves de los grupos I y III pudo estar influenciado por la suplementación, puesto que Carvajal (2001) afirma que las grasas disminuyen el contenido de agua en la carne.

6.2.2.2. Cenizas

6.2.2.2.1. Pierna-muslo

Los minerales se encuentran en menor proporción en relación a los demás constituyentes de la carne y el contenido fue estadísticamente diferente en todos los grupos (tabla 16), en los de alimento comercial como dieta base se observa que la suplementación pudo influir favorablemente (grupo I), ya que presentó un mayor contenido que su control (grupo II), caso contrario a lo observado en los grupos III y IV en los que la suplementación disminuyó el porcentaje de minerales.

El contenido de cenizas del grupo III (maíz suplementado) fue el más bajo y menor a 1.1% reportado por Martínez y Astiasarán (2005). Dicha variación se puede deber a que la postura de este grupo fue más eficiente con respecto a su grupo control IV, al respecto Ávila (2004), afirma que los minerales absorbidos se transforman a hueso, cascarón, ayudan a la formación de las células de la sangre, activación de enzimas y la función adecuada del músculo y sólo una parte de ellos pueden almacenarse (Damron *et al.*, 1998). Además, el aceite de hígado de bacalao pudo contribuir a disminuir la absorción de minerales.

Tabla 16. Contenido de cenizas en carne de gallina criolla (%)

Grupo	% Cenizas	
	Pierna-muslo	Pechuga
I Alim. suplem.	1.21±0.03 ^c	1.38±0.02 ^b
II Alimento	0.93±0.06 ^b	1.23±0.05 ^a
III Maíz suplem.	0.43±0.00 ^a	1.40±0.03 ^b
IV Maíz	1.71±0.01 ^d	1.45±0.03 ^b

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado
(a-d) diferentes letras en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$)
Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

6.2.2.2.2. Pechuga

No se observó diferencia estadísticamente significativa en el contenido de cenizas de los grupos I, III y IV, pero sí con respecto al grupo II que mostró el menor porcentaje, esto se pudo deber a que los minerales absorbidos por la dieta se utilizaron para la formación del cascarón de huevo (Ávila, 2004) ya que las aves de este grupo fueron las que comenzaron en segundo lugar la etapa de postura, sin embargo los valores de los 4 grupos están por encima del 1.2% de cenizas valor reportado por Eslain (1999) en carne de pollo.

6.2.2.3. Proteína

6.2.2.3.1. Pierna-muslo

Este nutriente después del agua, fue el constituyente mayoritario debido a que la carne de pollo es buena fuente de proteína de alto valor biológico (Martínez y Mora, 2010). El contenido de proteína de todos los grupos fue superior al 20.6% reportado por Martínez y Astiasarán (2005), siendo el grupo suplementado I el que tuvo una mejor asimilación de proteína proveniente del alimento (tabla 17), en este sentido, Richard (1994) menciona que la mezcla dietética de aminoácidos esenciales del alimento comercial favorece su síntesis en el tejido, mientras que la proteína dietética del maíz al tener una composición de aminoácidos no esenciales, provocó un reordenamiento metabólico considerable del nitrógeno dietético para su síntesis y por lo tanto, un menor contenido proteico en la carne.

Además, la adición de aceite de hígado de bacalao pudo influenciar el aumento de proteína del grupo suplementado I, debido a que las aves oxidan con facilidad las grasas para obtener energía (Richard, 1994), evitando que utilice proteínas para este fin logrando un aumento de estas en el músculo, sin embargo, dicha tendencia no se presentó en el caso del grupo suplementado III con respecto a su control, lo que hace pensar que la dieta base jugó un papel muy importante en el contenido de proteína de la carne más que la suplementación con aceite de hígado de bacalao.

Tabla 17. Contenido de proteína en carne de gallina criolla (%)

Grupo	% Proteína	
	Pierna-muslo	Pechuga
I Alim. suplem.	27.05±0.29 ^c	24.72±0.25 ^d
II Alimento	26.09±0.53 ^b	21.95±0.89 ^c
III Maíz suplem.	24.10±0.23 ^a	19.73±0.46 ^b
IV Maíz	25.23±0.16 ^{ab}	16.21±0.82 ^a

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado
(a-d) diferentes letras en la misma columna indican diferencia significativa ($p<0.05$)
Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

6.2.2.3.2. Pechuga

El efecto de la suplementación con aceite de hígado de bacalao fue más claro en esta parte del ave, ya que ambos grupos suplementados I y III mostraron un mayor contenido de proteína con respecto a los grupos control II y IV. Sin embargo, sólo el grupo I se encuentra por encima de 22.8% reportado por Eslaín (1999), mientras que el grupo III a pesar de ser suplementado, presentó un contenido menor, lo cual se atribuye a que el contenido de proteína del maíz es más bajo que el del alimento comercial, confirmado con el menor porcentaje en las aves con maíz como dieta base respecto a los que se les dio alimento comercial. Richard (1994), afirma que el no incluir las proporciones adecuadas de este nutriente o de algún aminoácido esencial genera que no se sintetizen proteínas y que algunos aspectos como el crecimiento y la producción de carne y huevo se vean afectados (Damron *et al.*, 1998).

6.2.2.4. Grasa

6.2.2.4.1. Pierna-muslo

Las aves de los grupos II y III presentaron contenidos menores al 2.4 % reportado por Eslaín (1999) para carne de pollo. El contenido de grasa del grupo I presentó un aumento significativo con respecto a su control posiblemente por efecto de la suplementación con aceite de hígado de bacalao (tabla 18). Sin embargo, la suplementación influyó positivamente en las aves que recibieron maíz como dieta base al disminuir significativamente el contenido de grasa en el tejido respecto a su control (grupo IV). Ramírez (2010) en estudios realizados en gallinas ponedoras suplementadas con el mismo aceite de hígado de bacalao, reporta un comportamiento similar ya que el contenido de grasa

también disminuyó en los grupos suplementados, sin embargo, esta tendencia no se observó en el contenido de grasa de la pechuga de las aves del presente estudio.

Un factor que contribuyó en el mayor contenido de grasa en las aves alimentadas con maíz con respecto al grupo II, fue el menor aporte de proteína en la dieta puesto que, los aminoácidos que no se usan de manera eficiente para la síntesis de proteínas (aminoácidos no esenciales) se convierten en carbohidratos o lípidos que pueden oxidarse con facilidad para consumo energético inmediato o almacenarse como tejido adiposo (Richard, 1994).

Tabla 18. Contenido de grasa en carne de gallina criolla (%)

Grupo	% Grasa	
	Pierna-muslo	Pechuga
I Alim. suplem.	3.18±0.02 ^d	0.83±0.006 ^c
II Alimento	2.04±0.04 ^a	0.73±0.005 ^a
III Maíz suplem.	2.28±0.01 ^b	0.80±0.007 ^b
IV Maíz	2.48±0.02 ^c	0.88±0.005 ^d

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado
(a-d) diferentes letras en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$)
Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

6.2.2.4.2. Pechuga

En lo referente a esta parte del ave, el aceite de hígado de bacalao influyó en el contenido total de grasa, ya que el grupo I mostró un aumento con respecto a su control y el contenido del grupo III disminuyó tal vez por efecto de la suplementación; por lo que se puede decir que la dieta a base de maíz más la suplementación reducen el contenido de grasa en ambas partes del ave, caso que no se observa en el grupo I (tabla 18), sin embargo, todos los grupos se encuentran por debajo de 1% reportado por Eslaín (1999), lo cual podría deberse a una síntesis o incorporación de lípidos diferente según sea la parte del ave.

El contenido de grasa de los grupos alimentados con maíz (III y IV) no presentó gran variación con respecto a los valores obtenidos en las aves de los grupos I y II a pesar de la deficiencia de nutrientes del maíz, lo cual se atribuyó a que este a pesar de aportar menor energía que el alimento comercial, tiene un alto contenido de carbohidratos. En este sentido Ávila (2004) afirma que cuando la energía ingerida en forma de carbohidratos excede las necesidades del animal, se convierte en grasa y se almacena en el tejido adiposo.

En relación al contenido de proteína y grasa los mejores resultados fueron los obtenidos en las aves suplementadas y alimentadas con maíz ya que el contenido de proteína es aceptable y el de grasa se redujo, tanto en pierna-muslo como en pechuga.

6.2.3. Perfil de ácidos grasos

6.2.3.1. Pierna-muslo

El perfil de ácidos grasos mostró cambios originados por el efecto de la suplementación; el contenido de AGS se incrementó en los grupos suplementados (I y III) respecto a sus controles, posiblemente por efecto de la dieta y principalmente por la síntesis endógena, siendo los ácidos palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0) los mayoritarios (tabla 19), lo que coincide con lo reportado por López *et al.*, (2001) en estudios del perfil de ácidos grasos en pierna-muslo de gallinas ponedoras suplementadas con aceite de pescado, ya que indican que estos ácidos fueron los mayoritarios en la carne de gallina, además, encontraron que la carne de gallina ponedora presentó un contenido de AGS ligeramente inferior al grupo control, caso contrario a lo observado en este estudio, lo cual podría deberse al aporte dietético de este tipo de ácidos grasos.

El C16:0 no fue aportado directamente de la dieta por lo que su incremento está más relacionado con su síntesis a partir del C12:0 y C14:0 del aceite de hígado de bacalao y posiblemente a un reacomodo metabólico para su inclusión en la carne de pierna y muslo. Al respecto, Eslaín (1999) indica que el C16:0 y el C18:0 pueden ser generados por el metabolismo propio del animal y Ávila (2004) afirma que el ave puede sintetizar ácidos grasos a partir de carbohidratos en el hígado y de ahí ser transportados al músculo.

Con respecto a los AGMI, el mayoritario fue el ácido oleico (C18:1n7) debido a su doble origen: la aportación directa en la dieta y por su síntesis endógena en el hígado (López *et al.*, 2001). Además, en el caso del grupo suplementado I, el aceite de hígado de bacalao favoreció su incremento ya que dicho ácido está contenido en elevada concentración en el alimento comercial y en el aceite utilizado, mientras que entre los grupos que recibieron una dieta base de maíz (III y IV) no hubo diferencia significativa, así, los 4 grupos mostraron contenidos de ácido oleico por encima de 520 mg/100g (Eslaín, 1999) valor promedio para este tipo de carne.

Otro AGMI que se vio influenciado por la dieta y la suplementación fue el palmitoleico (C16:1), ya que el aceite de hígado de bacalao y el alimento comercial lo contienen, lo cual favoreció su incorporación como se observa en el grupo I, mientras que en el caso de los grupos III y IV posiblemente se debió a la síntesis endógena del ave. El ácido graso erúxico (C22:1n9) se redujo en el grupo I con respecto al grupo II, mientras que en los grupos III y IV no se presentó tal reducción; en el caso del ácido nervónico (C 24:1), los grupos I y III redujeron su contenido con respecto a los grupos II y IV, a pesar de que dicho ácido está presente en el aceite de hígado de bacalao.

De manera general el aumento en el contenido de AGMI se presentó en mayor proporción en el grupo I, lo cual podría estar relacionado con su contenido en el alimento comercial, pero lo anterior contradice lo señalado por López *et al.*, (2001) quienes reportaron una menor proporción de AGMI para los grupos suplementados con AGPI, tendencia que se observó en las aves que fueron alimentadas con maíz (III y IV), lo que indica que además de la suplementación, el nivel de inclusión de los AGPI, el reacomodo metabólico y la dieta base podrían tener un papel importante en el contenido final de AGMI.

Respecto a la fracción de AGPI, Eslaín (1999) indica que la pierna-muslo contiene de manera natural 370 mg/100g de ácido linoleico (C18:2n6c), siendo este AGPI esencial el que se encontró en mayor proporción en todos los grupos, mostrando diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Lo anterior indica que tanto la dieta base como la suplementación tuvieron efecto sobre su contenido final en esta parte del ave.

Debido a que las gallinas son incapaces de sintetizar éste ácido graso (Ávila, 2004) para el caso de las que recibieron alimento comercial como dieta base, la suplementación favoreció su trasvase del alimento a la carne, mientras que los alimentados con maíz sufrieron el efecto contrario (tabla 19), ya que su contenido disminuyó a pesar de que el maíz contuvo más C18:2n6c que el alimento comercial.

Para el caso del ácido alfa-linolénico (C18:3n3) que se encuentra en gran proporción en el aceite de hígado de bacalao, el efecto de la suplementación fue claro, ya que no existió diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos controles (II vs IV) pero si de éstos con respecto a los suplementados (tabla 19). Se observaron también diferencias estadísticamente significativas entre los grupos suplementados (I vs III) siendo mayor el incremento y por tanto el contenido final en

los que recibieron alimento comercial como dieta base (grupo I). Lo anterior indicó que la dieta base desempeñó un papel muy importante para la incorporación del C18:3n3 desde el aceite hasta la carne de pierna y muslo.

Para el caso del EPA (C20:5n3) y DHA (C22:6n3) se observó también que la dieta base y la suplementación con aceite de hígado de bacalao fueron importantes para la incorporación de éstos ácidos grasos en la carne de pierna y muslo, pero en éste caso, resultó mejor utilizar maíz como dieta base (tabla 19) ya que se logró un mayor incremento. Ramírez (2010) observó la misma tendencia en gallinas ponedoras suplementadas con el mismo aceite.

Tabla 19. Perfil de ácidos grasos de pierna-muslo de gallina criolla (mg/100 g)

Ácido graso	Alimento suplem. I	Alimento II	Maíz suplem. III	Maíz IV
C 13:0	10.02±0.91 ^a	14.63±0.02 ^b	14.38±0.43 ^b	9.42±0.51 ^a
C 14:0	19.65±0.16 ^c	8.96±0.03 ^a	12.19±0.67 ^b	12.01±0.81 ^b
C 15:0	51.04±11.70 ^a	43.48±0.01 ^b	49.76±0.88 ^a	26.02±0.52 ^c
C 16:0	708.56±10.34 ^b	450.64±2.56 ^a	532.68±16.73 ^c	515.59±21.67 ^c
C 17:0	6.31±0.56 ^b	3.22±0.08 ^a	5.57±0.60 ^b	ND
C 18:0	366.90±23.36 ^a	226.76±1.34 ^b	256.47±18.70 ^b	218.21±12.74 ^b
Total AGS	1162.48	747.69	871.05	781.25
C 16:1	110.72±1.67 ^b	63.60±2.09 ^a	115.57±5.80 ^b	128.57±4.57 ^c
C 17:1	ND	11.82±0.78 ^a	15.42±0.30 ^b	ND
C 18:1 n9c	1137.02±68.58 ^a	574.29±7.89 ^b	725.49±27.47 ^c	738.73±5.64 ^c
C 22:1 n9	160.70±15.64 ^a	212.83±3.12 ^c	191.37±4.96 ^{bc}	176.45±12.26 ^{ab}
C 24:1	5.49±0.42 ^a	17.37±0.40 ^b	4.44±0.36 ^d	18.38±0.57 ^c
Total AGMI	1413.93	879.91	1052.29	1062.13
C 18:2 n6 c	608.38±9.55 ^a	393.79±5.90 ^b	323.09±11.19 ^c	545.99±32.00 ^d
C 18:3 n3	21.70±0.53 ^a	8.57±0.18 ^b	12.10±0.69 ^c	7.32±0.44 ^b
C 20:2	ND	ND	2.62±0.43	ND
C 20:3 n6	ND	7.02±0.29 ^a	10.71±0.38 ^b	10.26±0.30 ^b
C20:5 n3 EPA	30.69±1.38 ^a	4.03±0.09 ^b	39.95±0.63 ^c	ND
C 22:6 n3 DHA	67.81±1.88 ^a	29.10±0.25 ^b	88.82±0.39 ^c	16.35±0.32 ^d
Total AGPI	728.58	442.51	477.29	579.92
n6:n3	5.0:1	9.6:1	2.3:1	23.5:1

(a-d) diferentes letras en la fila indican diferencias significativas (p<0.05).

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado;

AGS= ácidos grasos saturados; AGMI= ácidos grasos monoinsaturados y AGPI= ácidos grasos poliinsaturados.

Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

El aceite de hígado de bacalao en la dieta de las aves influyó de manera significativa en el perfil de ácidos grasos de la carne de gallina criolla, ya sea reduciendo de manera considerable el contenido de ácidos grasos omega-6 ó aumentando los ácidos grasos omega-3 en los grupos suplementados I y III, sin embargo, el grupo III es el que se acercó más a la relación de 2:1 recomendada desde el punto de vista nutricional (Coronado *et al.*, 2006), por lo que se deduce que la alimentación convencional (maíz) de las gallinas criollas más la suplementación con aceite de hígado de bacalao dieron como resultado carne de pierna y muslo con un contenido mayor de omega-3 y por lo tanto más saludable.

Los resultados obtenidos en las tres fracciones de ácidos grasos coinciden con lo citado por Richard (1994) quien menciona que la concentración de AGS y AGMI en los tejidos de las aves depende de la aportación de la dieta y de la síntesis endógena, mientras que la composición de AGPI depende exclusivamente de la aportación dietética, dado que el ave es incapaz de sintetizarlos. El contenido final de ácidos grasos totales aumentó considerablemente en el caso del grupo suplementado I posiblemente debido a un exceso de energía proveniente de la dieta y del aceite de hígado de bacalao y los otros 3 grupos permanecieron cerca de 2000 mg/100 g, aunque Cortinas (2004) menciona que la inclusión de grasa en la dieta produce una reducción de la actividad lipogénica hepática y que así, se establece un balance entre la contribución exógena y la síntesis endógena de lípidos, permaneciendo el contenido total de lípidos del animal más o menos constante. En el caso de la pechuga se observó dicho equilibrio entre los grupos de forma más notable.

6.2.3.2. Pechuga

El contenido de ácidos grasos totales en la carne de pechuga fue menor que en la de pierna-muslo, resultado esperado, ya que se observó el mismo comportamiento en el contenido de grasa total. Sin embargo, el perfil de ácidos grasos mostró la misma tendencia en la carne de pechuga y en la de pierna-muslo.

En la fracción de AGS el C15:0, C16:0 y C18:0 fueron los mayoritarios mostrando diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (tabla 20). Lo anterior, como ya se mencionó en el apartado correspondiente al perfil de ácidos grasos en carne de pierna-muslo, se debe principalmente a la influencia de la dieta base, que aporta directamente esos ácidos grasos o algunos que sirven de precursores para la síntesis de otros de cadena más larga como sucede con el C16:0 que se incrementa aún cuando no es aportado ni en la dieta base, ni en el aceite de hígado de bacalao. Si

se compara el contenido total de AGS, se observa que el grupo III disminuyó su contenido con respecto al grupo IV y por el contrario, el grupo I lo aumentó comparado con su control, por lo que se cree que además de la suplementación, la dieta juega un papel importante en este aspecto.

En la fracción de AGMI, los ácidos grasos C18:1n9c y C22:1n9 fueron los que se encontraron en mayor proporción tal como sucedió en pierna-muslo, influenciados por su alto aporte en la dieta (dieta base y aceite), lo cual explica que los grupos I y III hayan presentado un mayor contenido respecto a los grupos control (II y IV).

De los AGPI al igual que sucedió en la carne de pierna-muslo, el C18:2n6c fue el mayoritario, también se incorporaron el C20:5n3 (EPA) y el C22:6n3 (DHA) en la carne de pechuga de los grupos suplementados I y III (tabla 20), lo que indica el efecto benéfico de la suplementación con el aceite de hígado de bacalao. En el caso de éstos dos últimos ácidos grasos, se logró una mayor transferencia del aceite al tejido en los que recibieron maíz como dieta base, factor muy importante ya que el precio del maíz es menor al del alimento comercial, lo que permitió obtener carne con un mayor contenido de ácidos grasos omega-3 a menor costo.

El contenido de C18:2n6c no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos I y II, al contrario de lo que ocurrió en los grupos cuya dieta base fue maíz III y IV, para éste caso, el grupo suplementado (III) disminuyó su contenido hasta casi en un 50 % respecto a su control, además, fue el único que incorporó al ácido alfa-linolénico (C18:3 n3) en esta parte del ave. Al respecto Castillo *et al.*, (2005) indican que al incrementar el contenido de ácidos grasos omega-3 en la dieta, el contenido de omega-6 disminuye.

En el caso de la pechuga, también los grupos suplementados I y III disminuyeron su contenido de ácidos grasos omega-6 y ambos grupos se acercaron a la relación n6:n3 recomendada, probablemente se debió a que la inclusión de omega-3 favoreció la acción de las enzimas sobre su síntesis y no sobre los omega-6, siendo el grupo III el que presentó una mayor reducción respecto a su control, dando lugar a un producto de mayor calidad, con valor agregado, para prevenir enfermedades cardiovasculares por su aporte de omega-3.

Tabla 20. Perfil de ácidos grasos de pechuga de gallina criolla (mg/100 g)

Ácido graso	Alimento suplem.	Alimento	Maíz suplem.	Maíz
	I	II	III	IV
C 13:0	17.37±0.38 ^a	15.74±0.49 ^b	14.39±0.40 ^c	13.23±0.40 ^d
C 14:0	2.14±0.06 ^{ab}	1.88±0.01 ^a	2.31±0.18 ^b	4.77±0.13 ^c
C 15:0	42.98±0.71 ^a	38.90±0.38 ^b	50.01±0.65 ^c	53.99±0.54 ^d
C 16:0	169.55±2.51 ^a	173.80±3.66 ^{ab}	173.31±1.45 ^{ab}	178.08±1.32 ^b
C 17:0	8.55±0.24 ^a	5.61±0.35 ^b	8.38±0.25 ^a	7.59±0.06 ^c
C 18:0	72.30±0.70 ^a	50.75±1.12 ^b	60.31±0.63 ^c	78.10±0.67 ^d
C 23:0	ND	ND	ND	8.73±0.12
C 24:0	ND	ND	6.10±0.14 ^a	6.25±0.07 ^a
Total AGS	312.89	286.68	314.81	350.74
C 14:1	ND	ND	3.93±0.00 ^a	2.27±0.12 ^b
C 16:1	12.09±0.30 ^a	10.51±0.24 ^b	16.21±0.26 ^c	8.46±0.01 ^d
C 17:1	2.82±0.08 ^a	3.58±0.14 ^b	6.57±0.10 ^c	3.81±0.01 ^b
C 18:1 n9 c	222.43±1.05 ^a	177.35±1.23 ^b	172.93±0.24 ^c	162.54±0.61 ^d
C 20:1	ND	ND	4.63±0.14	ND
C 22:1 n9	102.26±0.59 ^a	126.42±0.64 ^b	93.19±1.26 ^c	166.15±3.53 ^d
C 24:1	9.56±0.22 ^a	6.06±0.23 ^b	ND	16.59±0.22 ^c
Total AGMI	349.16	323.92	297.46	359.82
C 18:2 n6 c	94.65±1.77 ^a	99.54±0.87 ^a	88.35±3.22 ^b	153.01±1.52 ^c
C 18:3 n3	ND	ND	3.83±0.09	ND
C 20:2	ND	ND	ND	3.11±0.09
C 20:3 n6	4.29±0.07 ^a	2.27±0.08 ^b	6.20±0.07 ^c	8.67±0.14 ^d
C 20:4 n6	ND	ND	13.47±0.33	ND
C 20:5 n3 (EPA)	10.62±0.44 ^a	ND	21.91±0.45 ^b	ND
C 22:6 n3 (DHA)	53.18±0.91 ^a	20.90±0.77 ^b	51.29±1.21 ^a	7.77±0.12 ^c
Total AGPI	162.74	122.71	185.05	172.56
n6:n3	1.55:1	4.87:1	1.40:1	21.20:1

(a-d) diferentes letras en la fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$) ND= No detectado
 AGS= ácidos grasos saturados; AGMI= ácidos grasos monoinsaturados y AGPI= ácidos grasos poliinsaturados.
 Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado
 Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

El contenido final de ácidos grasos totales de los 4 grupos a diferencia de la pierna-muslo permaneció relativamente constante entre los 4 grupos.

6.2.4. Análisis sensorial de carne de gallina

6.2.4.1. Prueba triangular de pierna-muslo y pechuga

Durante la prueba se contó con un total de 12 jueces que degustaron la carne de ambos tipos de carne de gallina, obteniéndose los resultados indicados en la tabla 21.

Tomando en cuenta la tabla para la interpretación de resultados de la prueba triangular (UNE 87-006-1992), el número de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa para un nivel de significancia del 1% es de 8, por lo que estadísticamente NO existe diferencia entre la muestra A y B ni entre las muestras C y D de ninguna de las partes analizadas.

Tabla 21. Resultados de la prueba triangular de pierna-muslo y pechuga de gallina criolla

<i>Grupos</i>	<i>Número de jueces que encontraron la muestra diferente correctamente</i>
Pierna-muslo	
A y B	5
C y D	7
Pechuga	
A y B	7
C y D	6

A= grupo alimentado con alimento comercial + aceite de hígado de bacalao; B= grupo alimentado con alimento comercial;
C= grupo alimentado con maíz + aceite de hígado de bacalao; D= grupo alimentado con maíz

A pesar de que no existió diferencia significativa entre el color, sabor y la textura de una muestra y otra en el caso de la pierna-muslo, los catadores encontraron algunas diferencias perceptibles entre las muestras (tabla 22). En el caso del grupo A, este presentó un regusto agradable y una textura lacia, mientras que el grupo B presentó muestras con textura lacia pero también jugosas y suaves. El hecho de que los catadores encontraran ambas muestras fibrosas y lacias se pudo deber a que generalmente consumen pollo comercial "broiler" y las gallinas de este estudio fueron criollas por lo que la carne es más oscura y dura comparada con la del "broiler".

Tabla 22. Diferencias encontradas en las muestras de pierna-muslo y pechuga de gallina criolla

Grupo	Pierna-muslo			Pechuga		
	Color	Sabor	Textura	Color	Sabor	Textura
A	-----	Regusto agradable	Lacia	-----	Sabor agradable característico a pollo.	Suave y jugosa
B	Más claro	-----	Fibrosa, lacia, suave y jugosa	-----	Sabor intenso (agradable).	Dura, seca
C	Más oscuro	Mejor sabor a pollo	Suave y jugosa	-----	-----	Suave y poco jugosa
D	Más claro	Sabor característico y regusto muy fuerte	Seca	Más claro	Sabor atípico	Muy jugosa, dura.

A= grupo alimentado con alimento comercial + aceite de hígado de bacalao; B= grupo alimentado con alimento comercial; C= grupo alimentado con maíz + aceite de hígado de bacalao; D= grupo alimentado con maíz

Las diferencias encontradas en la pechuga fueron poco perceptibles, por eso algunas respuestas fueron acertadas y otras no. Sin embargo, un mayor número de catadores encontraron la diferencia entre una carne y otra, los aspectos diferenciales más citados entre los juicios correctos se muestran en la tabla 22. A diferencia de la carne de pierna-muslo, en la pechuga no se detectaron diferencias marcadas en cuanto a color y sabor, pero si en cuanto a textura, siendo los grupos A y C los que presentaron la carne más suave.

Existen estudios que indican que la suplementación con aceite de pescado o con otras fuentes de ácidos grasos omega-3, perjudica la calidad sensorial de la carne de pollo y por lo tanto, su aceptabilidad por los consumidores (Blas *et al.*, 2005) sin embargo, en este estudio la suplementación con aceite de hígado de bacalao no generó una diferencia significativa en ninguna de las partes de gallina analizadas, lo cual se pudo deber a que dicho efecto negativo sobre la calidad sensorial en los productos animales tras la adición de ácidos grasos omega-3 en la dieta depende de la dosis utilizada que, a su vez, está directamente relacionada con la cantidad retenida en el animal (Blas *et al.*, 2005).

6.3. HUEVO

6.3.1. Características generales

6.3.1.1. Madurez sexual y producción de huevo de gallinas criollas

Las gallinas alcanzaron su madurez sexual entre las 23 y 27 semanas de edad en promedio (tabla 23), las de los grupos alimentados con alimento comercial I y II lo hicieron más rápido que las de los grupos alimentados con maíz III y IV, dicha tendencia está relacionada con el menor peso corporal de las aves de estos últimos grupos (Segura *et al.*, 2007). Estos resultados son similares a los obtenidos por Jerez *et al.*, (2008) en un estudio realizado con gallinas criollas en condiciones de traspatio, en el que observaron que la madurez sexual se presentó entre las 21 a 29 semanas de edad.

Tabla 23. Etapa de postura y producción de huevo de gallinas criollas

Grupo	Etapa de postura (edad semanas)	Producción Huevos/mes/grupo
I Alimento suplem.	23	34
II Alimento	24	18
III Maíz suplem.	26	12
IV Maíz	27	6

Alim. suplem. = Alimento suplementado; Maíz suplem. = Maíz suplementado

La dieta base tiene una fuerte influencia en los parámetros productivos de las aves (madurez sexual y producción de huevo) ya que los alimentados con maíz (grupos III y IV) iniciaron más tarde la etapa de postura y produjeron una menor cantidad de huevo que los que recibieron alimento comercial como dieta base (grupos I y II). Lo anterior está determinado por el hecho de que éste último cuenta con un balance adecuado de nutrientes para gallinas criollas en tanto que, el maíz quebrado no completa sus requerimientos nutricionales.

Por otro lado, el efecto favorable de la suplementación con aceite de hígado de bacalao (tabla 23) se vio reflejado como el adelanto en una semana de la etapa de postura y el incremento de casi el doble de la producción de huevo de los grupos suplementados (I y III) respecto a sus controles (II y IV). Generalmente las gallinas ponen 1 huevo por día (aproximadamente), sin embargo, en el caso de las gallinas criollas existe variación, principalmente porque tienen un doble propósito (generar carne y

producir huevo), por lo que comparado con otro tipo de gallinas estas tienen un menor rendimiento de producción.

6.3.1.2. Color

A pesar de que el análisis del color del cascarón de huevo se realizó de manera visual, la diferencia entre el color marrón de los grupos con dieta base de alimento comercial (I y II) y blanco en los grupos alimentados con maíz (III y IV) fue muy notable (tabla 24), lo cual está más relacionado con la dieta base de las gallinas y no con la estirpe, ya que las gallinas criollas fueron colocadas al azar. Sin embargo, las gallinas criollas generalmente son de razas Rhode Island Red, Plymouth Rock Barred y cruza de las dos anteriores y el color del cascarón depende de la raza de gallina y esta diferencia de color no representa ninguna variación en el contenido nutricional (FAO y SAGARPA, 2007).

Tabla 24. Color de cascarón y yema de huevo de gallinas criollas

Grupo	Color de cascarón		Color de yema	
I Alimento suplem.	Marrón		Amarillo pálido	
II Alimento	Marrón		Amarillo pálido	
III Maíz suplem.	Blanco		Naranja	
IV Maíz	Blanco		Naranja	

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado

El color de la yema del huevo también se determinó de manera visual, observándose una diferencia notable entre los grupos I y II con respecto a los grupos III y IV lo que se atribuye principalmente a la alimentación. Al respecto Ávila (2004) menciona que el ave imparte pigmentos a la yema de huevo provenientes de algunos compuestos carotenoides presentes en la dieta específicamente algunos tipos de xantofilas contenidas en el maíz amarillo. Lo anterior coincide con lo observado en éste estudio ya que la yema de los grupos III y IV presentó un color más intenso que los grupos I y II que fueron alimentados con alimento comercial.

La coloración de los huevos (cascarón y yema) fue la misma en los grupos suplementados que en sus respectivos controles por lo que, no se observó efecto de la suplementación con aceite de hígado de bacalao.

6.3.1.3. Tamaño y peso

El tamaño del huevo es considerado como un factor importante para poder asignar su calidad, siendo los más grandes los que el consumidor regularmente prefiere (Vaca, 2003). El peso promedio del huevo de los grupos con dieta base de maíz (III y IV) fue menor que los de alimento comercial (I y II) (tabla 25), lo que pudo estar influenciado por el mejor balance de nutrientes de este último y por el tamaño del ave en la etapa de postura. Los valores observados en los grupos I y II se encuentran por encima de los obtenidos por Jerez *et al.*, (2008) en huevos de gallinas criollas.

Tabla 25. Peso y tamaño de huevo de gallinas criollas

Grupo	Peso (g)	Tamaño
I Alimento suplem.	55.6±3.6a	Mediano
II Alimento	52.8±1.6b	Mediano
III Maíz suplem.	41.2±1.8c	Pequeño
IV Maíz	48.6±1.5d	Pequeño

Clasificación en base a lo citado por Vaca (2003)

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado

La suplementación con el aceite de hígado de bacalao posiblemente disminuyó el peso del huevo del grupo suplementado (III) respecto a su control. Lo anterior coincide con lo observado por Castillo *et al.*, (2005) quienes reportan una disminución en el peso de los huevos de las aves alimentadas con aceite de atún como fuente de omega-3. Grobas y Mateos (1996), Van Elswyk (1997), González y Leeson (2000) y Surai y Sparks (2000) también observaron dicha tendencia y sugieren que esto puede deberse a que los omega-3 presentes en la dieta disminuye los niveles de triglicéridos en sangre y eso pudiera estar limitando la disponibilidad de lípidos para la formación de la yema de huevo. También sugieren que los omega-3 pudieran afectar la circulación del estradiol, lo que igualmente afectaría la formación del huevo, y que particularmente el DHA, puede reducir las concentraciones de vitamina E en plasma y tejidos, lo que posiblemente se afecte de alguna manera la formación del huevo, debido a que para producir un huevo, la gallina requiere el doble de cantidad

de vitamina E de la presente como reserva en el hígado. Sin embargo, aún no existe una explicación clara sobre el mecanismo por el cual el peso del huevo se ve reducido por la inclusión de los ácidos grasos omega-3 en la dieta de las aves (Castillo *et al.*, 2005).

Por otro lado, el huevo del grupo suplementado (I) no disminuyó su peso, posiblemente la dieta base favoreció dicho aumento, al respecto Jerez (2008) indica que el peso del huevo puede estar más influenciado por el peso de la gallina, lo que a su vez depende del tipo de dieta, de la edad y la semana de postura en la cual se encuentren el ave. En este sentido, Etches (1998) afirma que el tamaño y la composición del huevo dependen además del estado nutricional, peso y edad de la gallina, de su topografía genética y del programa de iluminación al que esté sometida.

6.3.2. Composición química

En la tabla 26 se muestran los resultados obtenidos con las diferentes dietas.

Tabla 26. Composición química de huevo de gallinas criollas

Grupo	% Humedad	% Cenizas	% Proteína	% Grasa
I Alim. suplem	69.04±0.03 ^a	0.96±0.02 ^a	19.20±0.81 ^a	9.81±0.13 ^a
II Alimento	71.19±0.01 ^b	0.92±0.01 ^a	16.60±0.28 ^b	9.88±0.13 ^a
III Maíz suplem	71.21±0.02 ^b	1.05±0.02 ^b	16.80±0.59 ^b	10.00±0.12 ^a
IV Maíz	72.67±0.01 ^c	0.94±0.01 ^a	15.69±0.29 ^b	8.55±0.43 ^b

(a-d) diferentes letras en la columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado

Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

6.3.2.1. Humedad

El huevo se compone principalmente de agua, es por ello que este fue el componente mayoritario en el caso de los 4 grupos (tabla 26). Los grupos suplementados (I y III) presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto a los grupos controles (II y IV), siendo el contenido mayor en estos últimos, lo que dejó de manifiesto el efecto de la suplementación con el aceite de hígado de bacalao en la disminución del contenido de humedad. Por otro lado, la dieta base de maíz pudo haber favorecido el incremento de este componente en el huevo.

6.3.2.2. Cenizas

Aún cuando los grupos que recibieron maíz como dieta base (control y suplementado) mostraron valores superiores a los del alimento comercial (IV mayor que II y III mayor que I) las diferencias no son significativas estadísticamente entre los grupos I, II y IV. Por lo que los resultados infieren que tanto el alimento base como la suplementación influyeron en el contenido de cenizas en el huevo.

Los huevos de las aves del grupo III (maíz suplementado) fueron los que presentaron un mayor contenido de cenizas y los únicos que mostraron diferencia estadísticamente significativa con los otros grupos, lo que confirma que el aceite de hígado de bacalao ayudó a un mejor trasvase desde el alimento base. El contenido de minerales de los 4 grupos coincide con lo reportado por Grobas y Mateos (1996) que señalan valores de 0.8 a 1% para el contenido total comestible del huevo. Estos autores afirman que el contenido de minerales del huevo puede modificarse mediante la dieta.

6.3.2.3. Proteína

El contenido de proteína de los huevos de los 4 grupos, osciló entre 15.69 y 19.20% valores superiores a 12.9% para huevo entero reportado por Martínez y Astiasarán (2005). No se presentó diferencia significativa entre los grupos a excepción del grupo suplementado I.

El aumento en el contenido de proteína en los huevos del grupo suplementado I con respecto a su control II, se debió a que el aceite favoreció la incorporación de este nutriente presente en mayor proporción en el alimento comercial que en el maíz. Lo anterior pudo deberse a que el aceite de hígado de bacalao le brindó a las aves una mayor proporción de energía, por lo que la proteína dietética se utilizó en primer lugar para la formación de proteína del huevo y no como requerimiento energético.

En el caso del grupo suplementado III, aunque no mostró diferencia significativa con respecto a su grupo control IV, se observó una tendencia a incrementar el contenido de proteína en el huevo por efecto de la suplementación, ya que numéricamente el grupo suplementado III presentó un contenido ligeramente superior al grupo control IV.

Al comparar los grupos suplementados I y III, se observa que la deficiencia de proteína del maíz en el grupo III, pudo causar que su síntesis o incorporación en el huevo fuera menor a pesar de ser

suplementado, por lo que se supone, la proteína dietética tiene una mayor influencia sobre la composición del huevo. En este sentido, Grobas y Mateos (1996) refieren que el contenido de proteína en el huevo aumenta al incrementar la proteína y la energía de la dieta.

6.3.2.4. Grasa

En la yema del huevo, es donde se concentran casi la totalidad de lípidos y colesterol (Martínez y Astiasarán, 2005), para ello el ave requiere de un esfuerzo metabólico que se consigue mediante un organizado sistema de transporte y síntesis (Grobas y Mateos, 1996). El contenido de grasa en el huevo completo de los 4 grupos se encontró por debajo de 11.2%, reportado por Martínez y Astiasarán (2005) para huevo de gallina, lo anterior se puede deber a que el huevo analizado proviene de gallina criolla y generalmente la estirpe del ave, el tipo de manejo y la alimentación suelen influir en la composición química del huevo (Grobas y Mateos, 1996).

El tratamiento experimental influyó en el contenido de grasa, Grobas y Mateos (1996) mencionan que este nutriente es el más fácil de modificar a través de la dieta. El grupo suplementado III presentó un aumento significativo con respecto al grupo control IV, en el caso del grupo suplementado I no existió diferencia significativa con respecto a su grupo control II. Castillo *et al.*, (2005) que reportaron que al emplear fuentes ricas en ácidos grasos omega-3 para el enriquecimiento de huevo, la cantidad total de lípidos no se vio modificada, pero si la composición de los mismos.

A pesar de la deficiencia de proteína en el maíz de la dieta base, el grupo (III) no presentó diferencia significativa estadísticamente con respecto a los grupos alimentados con alimento comercial I y II, lo que se puede deber a que posiblemente exista un reacomodo metabólico para la transferencia adecuada de nutrientes al huevo y por ello no existió una variación tan notable en el contenido de grasa como en el caso de la carne.

6.3.3. Perfil de ácidos grasos de huevo

La suplementación pareció jugar un papel importante sobre el contenido de AGS en el huevo, ya que los grupos suplementados I y III presentaron un aumento con respecto a sus controles (tabla 27). Dicha tendencia difiere de lo reportado en otros estudios por González *et al.*, (2009) y Betancourt y

Díaz (2009), tales autores mencionan que al aumentar el contenido de AGPI de la dieta, el contenido de AGS tiende a bajar, posiblemente dicha tendencia se haya debido al alto contenido de estos ácidos grasos del aceite de hígado de bacalao aunado al de la dieta.

Los ácidos grasos saturados que se encontraron en mayor proporción fueron el ácido palmítico (C16:0) y el ácido esteárico (C18:0). Según Eslaín (1999) el contenido de ácido esteárico presente en el huevo es de 780 mg/100g, por lo que el contenido de todos los grupos fue menor comparado con este valor. Sin embargo, se observó un incremento en el huevo de los grupos suplementados I y III con respecto a los controles, tendencia relacionada con el alto contenido de este ácido graso en el aceite de hígado de bacalao.

El contenido de (C18:0) y (C16:0) podría estar relacionado con la síntesis endógena y con el aporte a través de la dieta, debido a que estos ácidos grasos se encuentran presentes en el ave de manera natural y a su vez los incorporan en el huevo. El incremento del (C18:0) en el huevo suplementado, coincide con lo observado en investigaciones realizadas por Betancourt y Díaz (2009) ya que también obtuvieron un aumento de este ácido graso en huevo enriquecido con semilla de lino.

Tabla 27. Perfil de ácidos grasos de huevo de gallinas criollas (mg/100 g)

Ácido Graso	Alimento suplem. I	Alimento II	Maíz suplem. III	Maíz IV
C 10:0	ND	ND	ND	9.15±0.41
C 12:0	ND	ND	ND	4.12±0.05
C 16:0	21.21±0.15 ^c	22.73±0.14 ^d	11.24±0.12 ^a	11.61±0.19 ^b
C 18:0	652.61±10.61 ^b	613.20±15.51 ^a	711.21±29.56 ^d	697.53±19.09 ^c
C 20:0	24.77±1.04 ^a	50.16±2.34 ^b	ND	ND
C 24:0	ND	ND	7.23±0.63	ND
Total AGS	698.59	686.09	729.68	722.41
C 15:1	2684.67±15.57 ^c	2425.94±14.44 ^b	2802.15±16.05 ^d	2099.46±26.30 ^a
C 16:1	281.10±10.84 ^b	340.58±16.13 ^c	70.83±2.87 ^a	76.97±1.98 ^a
C 17:1	ND	ND	251.97±7.89 ^a	240.90±3.56 ^a
C 18:1 n9 c	4504.30±33.16 ^d	4216.79±28.22 ^c	4010.78±21.66 ^b	3719.08±18.60 ^a
C 24:1	27.23±0.59 ^c	42.88±0.44 ^d	9.08±0.08 ^a	12.12±0.20 ^b
Total AGMI	7497.3	7026.19	7144.81	6148.53
C 18:2 n6 c	1073.02±6.39 ^a	1212.05±22.79 ^b	1649.91±15.01 ^d	1384.75±43.26 ^c
C 18:3 n3 (ALA)	13.14±0.93 ^b	ND	8.11±0.45 ^a	ND
20:4 n6	191.38±2.98 ^d	171.83±2.32 ^c	90.50±1.11 ^b	82.33±0.58 ^a
C 20:5 n3 (EPA)	185.98±2.58 ^d	118.02±2.65 ^c	86.83±5.35 ^b	69.75±0.43 ^a
C 22:6 n3 (DHA)	144.68±2.38 ^c	89.09±5.04 ^b	82.31±2.74 ^b	21.24±0.81 ^a
Total AGPI	1608.18	1590.99	1917.65	1558.09
AGPI/AGS	2.30	2.31	2.62	2.15
ω 6: ω 3	3.6:1	6.6:1	9.8:1	16.1:1

(a-d) diferentes letras en la fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

AGS= ácidos grasos saturados; AGMI= ácidos grasos monoinsaturados y AGPI= ácidos grasos poliinsaturados.

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado

Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

La suplementación de los grupos I y III al parecer favoreció el incremento de AGMI en ambos grupos, dicho aumento se encuentra por encima de 4,400 mg/100g reportado por Martínez y Astiasarán, (2005). Tal incremento estuvo influenciado por la síntesis endógena y por su alto contenido en el alimento comercial y en el maíz así como el aceite de hígado de bacalao.

Los AGMI que se encontraron en mayor proporción en todos los grupos fueron el ácido oleico (C18:1n9c) y el ácido pentadecanoico (C15:1) respectivamente (tabla 27), siendo los grupos suplementados los que lo incorporaron en mayor proporción, por lo que el nivel de inclusión se relaciona con el alto aporte en la dieta base. Yalcín *et al.*, (2007) mencionan que existen estudios que

indican que la gallina presenta una capacidad limitada para cambiar el contenido de AGMI, principalmente de ácido oleico en la yema de huevo, sin embargo, en este estudio se observó lo contrario ya que el contenido de este ácido graso fue modificado por efecto de la dieta y de la suplementación, dicha tendencia se observó en ambos grupos suplementados (I y III). No obstante, otros AGMI del grupo III no se vieron modificados con respecto al grupo control IV caso contrario ocurrió con el grupo I ya que estadísticamente todos los AGMI fueron diferentes comparados con su control. Sin embargo, la diferencia respecto al contenido global de los grupos I vs II fue menos marcada que la de los grupos III vs IV.

González *et al.*, (2009) mencionan que el perfil de ácidos grasos del huevo varía sustancialmente según la dieta, en el caso de los AGPI se observó que la suplementación con aceite de hígado de bacalao favoreció el aumento de estos ácidos grasos en el huevo de los grupos I y III respecto a sus controles. El ácido graso mayoritario en todos los grupos fue el ácido linoleico (C_{18:2n6}) y sólo el grupo suplementado I presentó una ligera reducción respecto a su control por efecto de la adición de aceite de hígado de bacalao en la dieta, lo cual coincide con lo reportado en el estudio realizado por Yalcýn *et al.*, (2007) quienes señalaron que hay una reducción de este ácido graso a partir de la adición de aceite de pescado en la dieta. Sin embargo, este efecto no se observó en el grupo III posiblemente debido a que este ácido graso es uno de los principales AGPI presentes en el maíz, lo anterior repercutió directamente en el contenido de omega-3 ya que su inclusión en el grupo III fue estadísticamente menor que en el grupo I, también la relación omega-6:omega-3 se elevó por el alto contenido de ácido linoleico.

Por otro lado, la presencia de ácido linoleico en el huevo puede tener efectos benéficos ya que este ácido graso no es sintetizado por el ave y resulta esencial para el crecimiento, tamaño e incubabilidad del huevo, además de que lo puede utilizar para sintetizar ácido araquidónico (C_{20:4 n6}) (Ávila, 2004), lo anterior se confirmó ya que el huevo del grupo III que mostró un mayor contenido de ácido linoleico también presentó un mayor porcentaje de incubabilidad.

A pesar del alto contenido de ácido linoleico en el huevo, la modificación del perfil de ácidos grasos generado por la suplementación con aceite de hígado de bacalao en la dieta generó que la relación omega-6:omega-3 disminuyera en los grupos suplementados I y III por la incorporación de AGPI omega-3. Yalcýn *et al.*, (2007) y Castillo *et al.*, (2005) observaron la misma tendencia en estudios

similares y mencionan que entre mayor sea el aporte de omega-3, mayor será la reducción de la relación omega-6:omega-3. La relación omega-6:omega-3 obtenida en el huevo del grupo control IV en este estudio se encuentra por encima de 7:1 valor obtenido en los grupos control de estudios realizados en gallinas de postura por Betancourt y Díaz (2009), por lo que se cree que la estirpe del ave, al igual que el tipo de dieta pudo estar relacionada significativamente con el contenido de omega-6 en el huevo.

La relación omega-6:omega-3 del huevo de los grupos II, III y IV fue mayor a la recomendada por la OMS (5:1) a pesar de la suplementación del grupo III, mientras que la del grupo suplementado I se redujo a 3.6:1, dicha reducción tiene efectos benéficos sobre la salud, ya que los compuestos sintetizados a partir de cada una de estas familias tienen efectos opuestos, es por ello que es muy importante mantener un equilibrio entre los dos grupos, debido a que un exceso de omega-6 aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y favorece el desarrollo de procesos inflamatorios y reacciones alérgicas (Castillo *et al.*, 2005).

El contenido de ácido alfa-linolénico (ALA) se vio favorecido en los grupos suplementados debido a su aporte a través del aceite de hígado de bacalao. Yalcín *et al.*, (2007) coinciden con esta tendencia, y mencionan que para conseguir un aumento importante de este ácido graso se suele utilizar aceite de linaza y que se ha demostrado que cuando se utiliza una mezcla de aceite de linaza y aceite de pescado en la dieta se obtiene un mayor contenido de ALA que si sólo se utiliza linaza.

La composición de ácidos grasos de la dieta se ve reflejado en la composición de huevo, ya que el contenido de los ácidos grasos esenciales eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) se incrementó en los grupos I y III de manera significativa comparados con los grupos control, esto originado principalmente por el aporte del aceite de hígado de bacalao, lo cual coincide con lo citado por Castillo *et al.*, (2005), quienes indican que al incluir aceite con elevadas concentraciones de omega-3 se obtiene una incorporación de estos en el huevo en relación a los grupos testigo. Sin embargo, el grupo suplementado I presentó casi el doble de EPA y DHA que el grupo III que también fue suplementado, por lo que podría pensarse que la dieta base es un factor importante para la incorporación de estos ácidos grasos del aceite de hígado de bacalao al huevo.

A pesar de que el contenido de EPA y DHA por su incorporación a través de la dieta es significativamente mayor en los grupos suplementados I y III, el aumento de ácido linoleico pudo limitar una mayor incorporación de los omega-3, puesto que generalmente la cantidad de omega-6 en el huevo se comporta de manera inversa a la de los omega-3 (Castillo *et al.*, 2005). Además, esto se pudo ver influenciado por la baja concentración de ALA en el huevo, lo cual pudo favorecer la síntesis de omega-6 ya que existe una competencia entre los omega-3 y los omega-6 por las enzimas 4 y 6 desaturadas, que generalmente actúan sobre los omega-3 y elongan el ALA para convertirlo en EPA y DHA (Castillo *et al.*, 2005). Al respecto, Grobas y Mateos (1996) indican que las enzimas actúan preferentemente sobre la familia de omegas predominante y que las aves tienen una pobre eficiencia de conversión de ALA a EPA y DHA.

En la tabla 28 se observa que el EPA y el DHA en el grupo suplementado I presentó una incorporación de más del doble comparada con la del grupo suplementado III. Este comportamiento se encuentra por encima de lo observado por Yalcín *et al.*, (2007) quienes reportaron un aumento del 35% en el caso del DHA y un poco menos para el EPA mientras que Castillo *et al.*, (2005) cita incrementos de EPA y DHA de hasta 300% en relación con el grupo testigo, utilizando aceite de atún como fuente de omega 3. Además, en la tabla 28 también se observa que el porcentaje de incremento para el DHA fue mayor en ambos grupos suplementados, lo cual se pudo deber a que este ácido graso en el huevo se obtiene por dos vías, una por el depósito directo de DHA en la dieta y dos como resultado final de la síntesis a partir de sus precursores (ALA, EPA y DPA) de la dieta (Baucells *et al.*, 2000). En el caso de este estudio, la presencia en la dieta del ALA y EPA, pudo favorecer el incremento de DHA, ya que no se determinó la presencia de DPA.

Tabla 28. Incremento de EPA y DHA en huevo de gallina criolla

Grupo	I Alimento suplem.	II Alimento	III Maíz suplem.	IV Maíz
Contenido de EPA (mg/100 g)	185.98±2.58 ^b	118.02±2.65 ^a	86.83±5.35 ^c	69.75±0.43 ^d
Incremento de EPA (%)	57.58	----	24.48	----
Contenido de DHA (mg/100 g)	144.68±2.38 ^b	89.09±5.04 ^a	82.31±2.74 ^a	21.24±0.81 ^c
Incremento de DHA (%)	62.40	----	287.52	----

(a-d) diferentes letras en la fila indican diferencias significativas (p<0.05).

EPA (ácido eicosapentaenoico); DHA (ácido docosahexaenoico)

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado

La relación AGPI/AGS del grupo III fue mayor que la de todos los grupos incluso que la del grupo I, lo que se relacionó directamente con la adición de aceite de hígado de bacalao como fuente de AGPI y con el aporte en general de ácidos grasos a través de la dieta.

A pesar de que la relación AGPI/AGS y el porcentaje de incremento de DHA del grupo III fue el mayor, no fue el que presentó los mejores resultados, ya que, el grupo suplementado I presentó un mayor contenido de EPA y DHA y además la relación AGPI/AGS de huevo de este grupo, aunque fue menor, se encontró cerca del valor del grupo suplementado III. De modo que la inclusión de aceite de hígado de bacalao en la dieta aumentó significativamente la concentración de EPA y DHA y mejoró la relación omega-6:omega-3 y la relación AGPI/AGS del huevo de los grupos suplementados, independientemente de la dieta base.

El huevo obtenido en este estudio resulta ser una alternativa para la ingesta de omega-3 en la dieta que tiene efectos importantes en la salud ya que existen estudios que indican que en individuos que consumían cuatro huevos diarios procedentes de gallinas alimentadas con alimento con un 10% de aceite de pescado, no incrementaron su nivel de colesterol en sangre y se redujo su nivel de triglicéridos (Grobas y Mateos, 1996).

6.3.4. Determinación de colesterol en huevo

El colesterol es un componente lipídico que se encuentra en cada una de las células de los animales y en sus productos (leche, carne, huevos). Entre sus funciones destaca el papel estructural como componente de las membranas celulares. Además, es precursor de varias hormonas y es molécula clave en la producción de vitamina D y en la absorción de calcio y fósforo (Grobas y Mateos, 1996).

El huevo es rico en colesterol y es uno de los alimentos más cuestionados sobre su efecto en la salud (Grobas y Mateos, 1996). En este estudio el análisis estadístico mostró que el contenido de colesterol en el huevo de todos los grupos fue significativamente diferente entre sí, sin embargo los grupos I y II con alimento comercial como dieta base, se encontraron por debajo de (395-410 mg/100g) valores reportados por Eslain (1999), Quintana (2003) y Martínez y Astiasarán (2005), mientras que los grupos III y IV presentaron valores superiores lo cual pudo estar influenciado por la dieta base.

A pesar de que existen estudios en los que se menciona que la gallina presenta resistencia a modificar su contenido de colesterol a través de la dieta (Ferrier *et al.*, 1995), en la tabla 29 se

observa que los grupos suplementados I y III, mostraron una reducción del 13.9-29.1% de colesterol comparados con los grupos control, lo cual se atribuye a la inclusión de aceite de hígado de bacalao en la dieta, siendo el grupo suplementado I el que presentó un mayor decremento por efecto de los AGPI, lo cual puede tener efectos benéficos sobre la salud de quien lo consuma. Al respecto, Yalcín *et al.*, (2007) mencionan que la incorporación de ácidos grasos poliinsaturados en el huevo puede contrarrestar la propiedad colesterogénica del huevo, además afirman que en otros estudios se observó la misma tendencia. Ramírez (2010), también observó una reducción en el contenido de colesterol por efecto de la suplementación con aceite de hígado de bacalao en huevo de gallinas ponedoras.

Sin embargo, es importante tener cuidado al tratar de reducir sustancialmente el colesterol en el huevo, ya que esto podría traer como resultado que la gallina disminuyera la producción de huevo, debido a que el contenido de colesterol en la yema podría ser menor al necesario para sostener la estabilidad del embrión (Castillo, 2004).

Tabla 29. Contenido de colesterol (mg/100 g) en huevo de gallina criolla

Grupo	Colesterol (mg/100 g)	Reducción de colesterol (%)
I Alim. Suplem	249.09±2.52 ^a	29.13
II Alimento	351.48±4.43 ^b	----
III Maíz suplem.	405.69±3.38 ^c	13.98
IV Maíz	471.67±0.80 ^d	----

(a-d) diferentes letras en la columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado

Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

6.3.5. Incubabilidad (grupos suplementados)

La incubabilidad es la capacidad que posee un huevo fértil para desarrollar el embrión (Quintana, 2003). En la tabla 30 se observa que el grupo III fue el que presentó un mayor porcentaje de incubabilidad a pesar de que la deficiencia de calcio en la dieta base pudo provocar un decremento. La incubabilidad del grupo I pudo verse influenciada por diversos factores como mal manejo y almacenamiento, infertilidad, contaminación, problemas genéticos, entre otros. Sin embargo, se observó una relación directamente proporcional entre el porcentaje de incubabilidad y el contenido de colesterol por lo que este pudo ser el factor más importante. Lo anterior obedece a que el

colesterol es de suma importancia para el desarrollo embrionario del pollito, ya que este carece de las enzimas necesarias para su síntesis (Grobas y Mateos, 1996).

Tabla 30. Incubabilidad de huevo de gallina criolla enriquecido con omega 3

Grupo	Huevos incubados	Pollitos nacidos	% de incubabilidad
I Alimento suplem.	14	8	57.14
III Maíz suplem.	15	12	80.00

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado

El porcentaje de incubabilidad observado en este estudio bajo condiciones artificiales (57-80%) fue similar al reportado por otros autores bajo condiciones de traspatio (60.7 y 81%) (Juárez y Ortíz, 2001 y Jerez *et al.*, 2008).

6.3.6. Análisis sensorial

6.3.6.1. Prueba triangular del huevo

En la tabla 31 se observan los resultados obtenidos y en ninguno de los casos la suplementación afectó significativamente las características organolépticas del huevo de tal manera que provocara diferencias marcadas entre los grupos suplementados y los controles. Tomando en cuenta la tabla para la interpretación de resultados de la prueba triangular (UNE 87-006-1992), el número de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa con un nivel de significancia del 1% es de 8, por lo que estadísticamente NO existe diferencia entre la muestra A y B ni entre las muestras C y D, por lo que la concentración de aceite de hígado de bacalao (0.9 g/día/ave) utilizada en este estudio no generó sabores ni aromas a pescado.

Tabla 31. Resultados de la prueba triangular de huevo de gallina criolla

Grupos	Número de jueces que encontraron la muestra diferente correctamente
Huevo	
A y B	7
C y D	3

A= grupo alimentado con alimento comercial + aceite de hígado de bacalao; B= grupo alimentado con alimento comercial; C= grupo alimentado con maíz + aceite de hígado de bacalao; D= grupo alimentado con maíz

En ninguno de los casos existió diferencia significativa, en la tabla 32 se muestran los principales aspectos diferenciales entre los juicios correctos, en el caso del grupo A se percibió que el color de la yema fue más claro y que presentó un sabor menos intenso y la textura de la yema fue más seca. En el grupo B, se percibió un color y sabor de yema más intenso y la yema fue pastosa.

Tabla 32. Diferencias encontradas en las muestras de huevo de gallina criolla

Huevo			
Grupo	Color	Sabor	Textura
A	Amarillo claro	Sabor menos intenso	Yema seca
B	Amarillo intenso	Sabor intenso con regusto desagradable	Yema pastosa
C	-----	Sabor más intenso	-----
D	-----	Sabor ligeramente amargo	Yema blanda y clara dura

A= grupo alimentado con alimento comercial + aceite de hígado de bacalao; B= grupo alimentado con alimento comercial; C= grupo alimentado con maíz + aceite de hígado de bacalao; D= grupo alimentado con maíz

En el caso de los grupos C y D no se percibieron diferencias de color, sin embargo el grupo suplementado C presentó un sabor más intenso y la yema del grupo D fue más blanda y la clara más dura.

El aspecto más importante del análisis sensorial fue determinar si los catadores percibían algún olor o sabor a pescado por la inclusión de aceite de hígado de bacalao en la dieta, lo cual no sucedió en ninguno de los dos grupos suplementados. Lo anterior coincide con lo reportado por Cornejo *et al.*, (2008), quienes no evidenciaron la existencia de aromas y sabores a pescado ligados a la presencia de aceites de origen marino, que pudieran haber sido traspasados al huevo, lo cual puede estar relacionado con la concentración de aceite de pescado utilizado en la dieta. Sin embargo, existen estudios en los que se obtuvieron efectos negativos sobre las características organolépticas del huevo asociadas con la incorporación de aceite de pescado en la dieta de las aves (Škrtić *et al.*, 2008)

6.4. POLLO

6.4.1. Composición química de carne de pollo

El contenido de agua en la carne de pollo de ambos grupos fue similar al de la carne de gallina y no existieron diferencias significativas estadísticamente entre ambos grupos (tabla 33), dicho componente fue el que se encontró en mayor proporción debido a su importancia para el funcionamiento adecuado del ave.

Tabla 33. Composición química de la carne de pollo (%)

Porcentaje (%)	Grupo	
	I Alim. Suplem.	III Maíz Suplem
Humedad	72.80±0.33 ^a	72.46±0.70 ^a
Cenizas	1.39±0.00 ^a	0.66±0.02 ^b
Proteína	18.11±0.63 ^a	18.08±0.39 ^a
Grasa	4.91±0.23 ^a	7.17±0.11 ^b

(a-c) diferentes letras en la fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$).
 Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado
 Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

El porcentaje de cenizas fue significativamente mayor en la carne de pollo del grupo I de acuerdo a la tabla 33, esto se relaciona con el mayor contenido de minerales del alimento comercial de la dieta base de la gallina madre y la alimentación directa del pollo, lo que incrementó su contenido en la carne, lo cual refleja la importancia que tiene la dieta base, ya que además de proveer al pollo de los nutrientes necesarios para su mantenimiento tiene gran influencia en su posterior crecimiento y etapa de postura.

En lo referente al contenido de proteína, no hubo diferencia significativa entre ambos grupos, por efecto de la dieta base, a pesar de que el contenido de proteína en huevo fue mayor en el grupo I, lo que hace pensar que el contenido de proteína en la carne de pollo no está relacionado directamente con su contenido en el huevo, sino que está más relacionado con la proteína tisular y con la edad del ave.

El contenido de grasa total se vio fuertemente influenciado por la suplementación en el grupo I, ya que fue menor, sin embargo, dichos resultados no estuvieron directamente relacionados con el contenido que presentó el huevo, pero sí con el contenido de colesterol. A pesar de que el grupo III obtuvo un valor mayor de grasa total, presentó un mejor comportamiento en el perfil de ácidos grasos, es por ello que la carne de pollo de este grupo resultó ser de mejor calidad nutricional que la carne de pollo alimentado con alimento comercial (grupo I). Por lo que se puede suponer que la suplementación con aceite de hígado de bacalao en las gallinas alimentadas con maíz favoreció en mayor proporción a las aves bajo este régimen.

6.4.2. Perfil de ácidos grasos de la carne de pollo

El perfil de ácidos grasos del huevo fue modificado a través de la dieta, y esto a su vez influyó el perfil lipídico del pollo proveniente de dicho huevo. En la tabla 34, se observa que los AGS mayoritarios presentes en la carne de pollo fueron el ácido mirístico C_{14:0}, C_{15:0} y araquídico C_{20:0} y el contenido de todos los AGS fue estadísticamente diferente entre los 2 grupos, sin embargo, el contenido total de AGS se redujo considerablemente en ambos grupos con respecto al contenido de AGS que presentó el huevo de los mismos, por lo que no hubo una relación directa con respecto al nivel de inclusión. La variación en cuanto al contenido de AGS que se presentó en la carne, huevo de gallina y la carne de pollo posiblemente se debió a que durante el metabolismo normal del ave se producen interconversiones entre ácidos grasos mediante desaturaciones y elongaciones (Grobass y Mateos, 1996).

El contenido de AGMI en la carne de pollo de ambos grupos fue alto comparado con el de la carne de gallinas, dicho comportamiento está relacionado con la presencia de ácidos grasos monoinsaturados en el huevo y con su inclusión al pollo. En la tabla 34 se observa que la carne de pollo del grupo suplementado III presentó la mayor proporción de AGMI probablemente debido a su elevado contenido de grasa total o tal vez los ácidos grasos pudieron provenir de la dieta ya que los pollos jóvenes deben obtener y utilizar los nutrientes poco tiempo después de la eclosión (Sell, 1997).

Tabla 34. Perfil de ácidos grasos de carne de pollo (mg/100g)

Ácido graso	Alim. Suplem	Maíz Suplem.
	I	III
C 10:0	6.93±0.06	ND
C 12:0	6.09±0.18	ND
C 14:0	30.66±0.59 ^a	35.67±0.35 ^b
C 15:0	22.58±0.31 ^a	49.22±0.62 ^b
C 17:0	ND	12.34±0.32
C 20:0	52.04±0.60 ^a	68.82±0.93 ^b
Total AGS	118.30	166.05
C 14:1	ND	11.90±0.52
C 15:1	1345.53±10.24 ^a	2334.73±24.83 ^b
C 16:1	329.12±3.53 ^a	512.75±6.70 ^b
C 17:1	401.27±2.97 ^a	727.66±7.59 ^b
C 18:1 n9 c	1706.86±8.82 ^a	2121.49±42.01 ^b
Total AGMI	3782.78	5708.53
C 18:2 n6 c	895.85±4.13 ^a	1094.79±10.98 ^b
C 18:3 n6	26.02±0.30 ^a	34.87±0.93 ^b
C 20:3 n3	70.45±1.42 ^a	126.41±3.80 ^b
C 20:5 n3 (EPA)	ND	26.11±1.10
C 22:6 n3 (DHA)	21.11±0.22 ^a	38.44±0.65 ^b
Total AGPI	1013.43	1320.62
AGPI/AGS	8.56	7.95
ω 6: ω 3	10.0:1	5.9:1

(a-c) diferentes letras en la fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

AGS= ácidos grasos saturados; AGMI= ácidos grasos monoinsaturados y AGPI= ácidos grasos poliinsaturados

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado

Se presenta la media de 3 réplicas con su desviación estándar

Los ácidos grasos monoinsaturados que se encontraron en mayor proporción fueron el ácido oleico C18:1 n9 c y el pentadecanoico C15:1, este efecto se pudo deber a que el ácido oleico generalmente forma parte del perfil de lípidos del ave de manera natural mediante su síntesis endógena, además, estos ácidos grasos estuvieron presentes en la dieta de las aves y en el huevo, lo que pudo favorecer la transferencia a la carne de pollo.

De igual manera, el grupo III fue el que presentó un mayor número y proporción de AGPI a pesar de tener un contenido mayor de grasa resultó ser la carne de pollo más saludable, lo que se atribuyó a que el huevo de este grupo mostró la misma tendencia con respecto a este tipo de ácidos grasos. Por

lo anterior, surge la hipótesis de que los pollos al nacer pudieron tener un perfil lipídico similar al del huevo por efecto de su composición, no obstante, los pollos no sólo obtuvieron los lípidos a partir del huevo del que provienen sino que también de su síntesis en el hígado, además de que al comenzar a alimentarse los obtuvieron de su dieta, lo que hace pensar que la dieta base jugó un papel muy importante en el nivel de inclusión y posterior metabolismo de AGPI.

El ácido graso omega-6 que predominó en la carne de pollo de ambos grupos fue el ácido linoleico (C18:2 n6c) y a pesar de que el grupo III presentó el mayor contenido, este mostró una mayor inclusión de omega-3 ya que estuvieron presentes en mayor proporción el EPA, C20:3n3 y DHA. Es por ello que este grupo tuvo una mejor respuesta a la suplementación con aceite de hígado de bacalao de las gallinas madres favoreciendo la inclusión en mayor proporción de estos ácidos grasos esenciales. La presencia de C20:3n3 pudiera sugerir un reacomodo para sintetizar C20:5n3 (EPA) y dar lugar a un mayor contenido de C22:6 n3 (DHA).

En la tabla 35 se puede observar que el grupo III a pesar de tener niveles menores de EPA y DHA en el huevo, presentó mejores niveles de inclusión de estos ácidos grasos en la carne de pollo, por lo que se cree que la dieta a base de maíz pudo favorecer la incorporación desde el huevo a la carne de pollo.

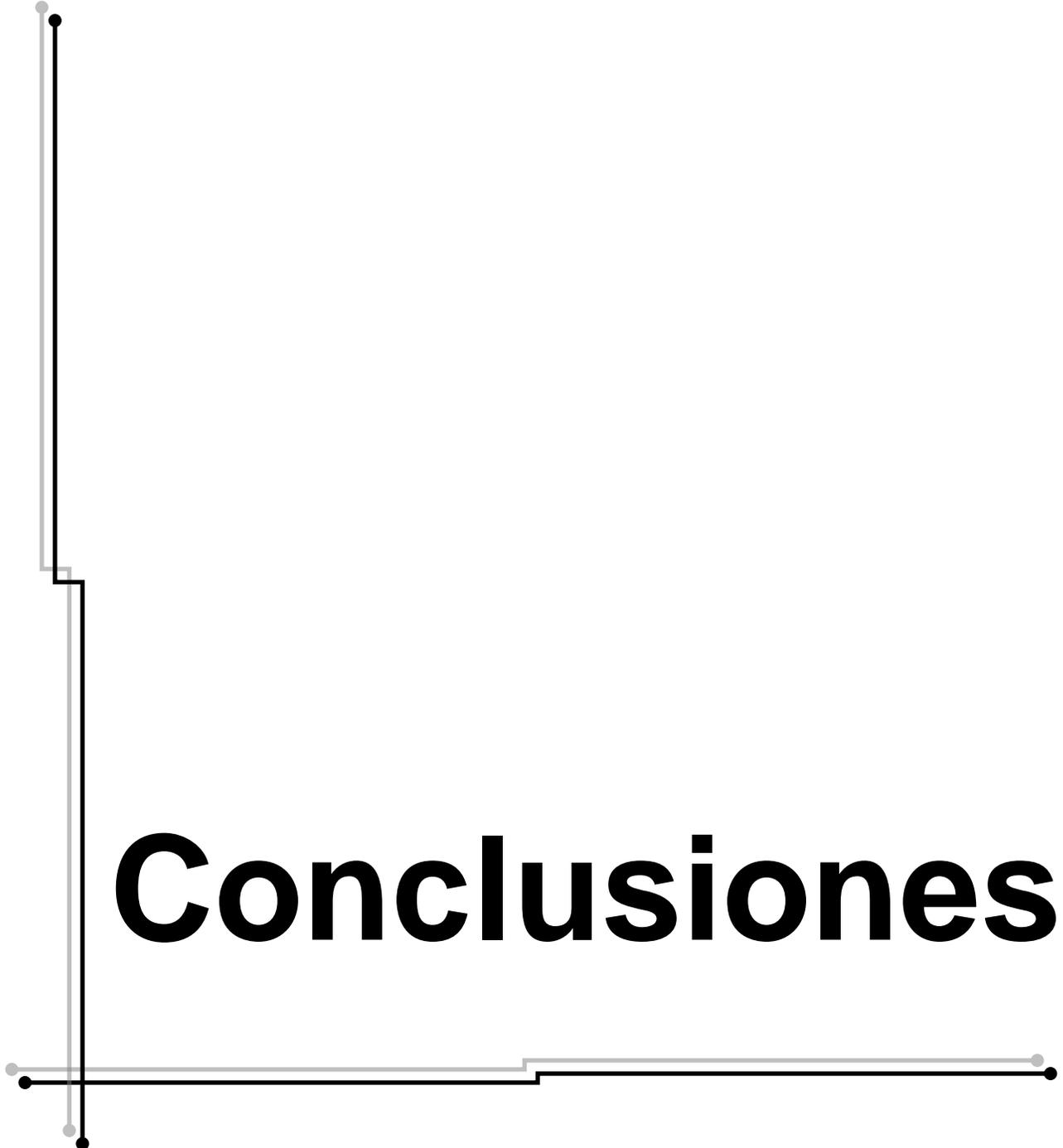
Tabla 35. Porcentaje de inclusión de EPA y DHA del huevo a la carne de pollo

Ácido graso	Huevo		Carne de pollo		% de inclusión en carne de pollo	
	I Alimento suplem.	III Maíz suplem.	I Alimento suplem.	III Maíz suplem.	I Alimento suplem.	III Maíz suplem.
C 20:5 n3 (EPA)	185.98±2.58 ^d	86.83±5.35 ^b	-----	26.11±1.10	-----	30.07
C 22:6 n3 (DHA)	144.68±2.38 ^c	82.31±2.74 ^b	21.11±0.22 ^a	38.44±0.65 ^b	14.59	46.70

(a-c) diferentes letras en la fila indican diferencias significativas (p<0.05).

Alim. suplem.= Alimento suplementado; Maíz suplem.= Maíz suplementado

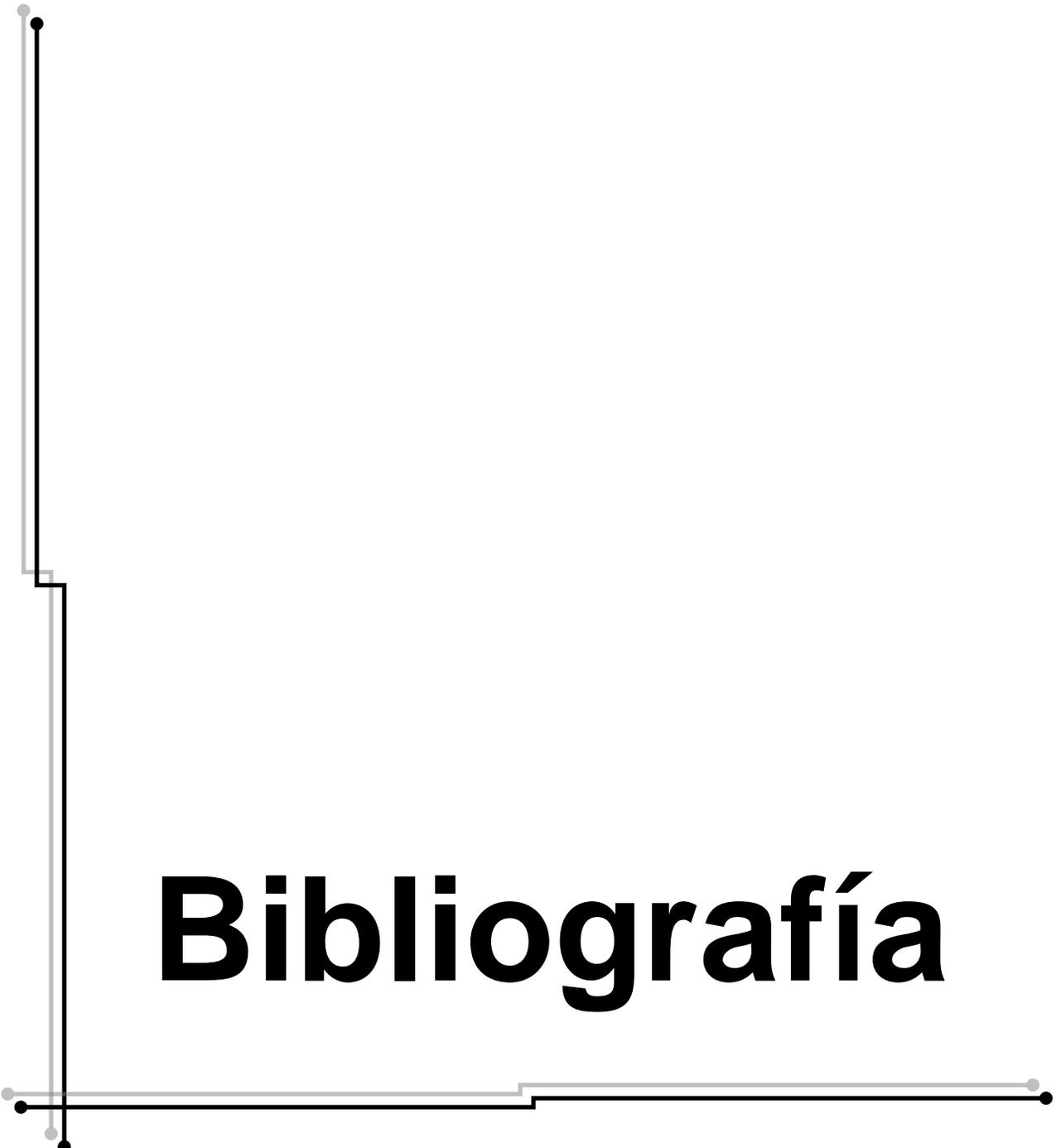
La relación AGPI/AGS fue ligeramente mayor en el grupo I, sin embargo, la relación omega-6:omega-3 de este grupo fue muy alta (tabla 34), lo cual no es conveniente ya que el elevado aporte de omega-6 podría inhibir el efecto de los omega-3. Por el contrario, el grupo III presentó una relación más cercana a lo recomendado por la OMS logrando así obtener carne de pollo más saludable.



Conclusiones

7. CONCLUSIONES

- El incremento de peso de las aves y otros parámetros productivos como el inicio de la etapa de postura y la producción de huevo, se vieron influenciados favorablemente por la dieta base y la suplementación con aceite de hígado de bacalao.
- La adición de aceite de hígado de bacalao en la dieta redujo el contenido de colesterol en huevo e incrementó notablemente el contenido de proteína y de ácidos grasos omega-3 principalmente el EPA y DHA, tanto en carne como en huevo de las gallinas criollas y en carne de pollo; también se incorporaron AGMI importantes y la relación omega-6:omega-3 se redujo obteniendo así carne y huevo más saludables sin modificar sus características sensoriales.
- Además de la suplementación con aceite de hígado de bacalao, la dieta base jugó un papel importante sobre la composición química tanto de la carne y huevo de gallina como de la carne de pollo.
- El contenido de ácidos grasos presentes en la carne y huevo de gallina y en la carne de pollo, provino de la aportación de la dieta y de su síntesis en el hígado, es por ello que la adición de aceite de hígado de bacalao rico en omega-3 favoreció su incorporación en la carne de gallina y en sus productos (huevo y carne de pollo).



Bibliografía

8. BIBLIOGRAFÍA

- Ackman, R.G. (1992). The Absorption of Fish Oil and Concentrates. *Lipids*, 27 (11), 858–862.
- Adler, A. I., Boyko, E. J., Schraer, C. D., Murphy, N.J. (1994). Lower prevalence of impaired glucose tolerance and diabetes associated with daily seal oil or salmon consumption among alaska natives. *Diabetes Care*, 17 (12), 1498-1501.
- Añorve, M. J. (2006). Obtención de una leche natural enriquecida en ácidos grasos omega-3 mediante el empleo de aceite de hígado de bacalao en la alimentación de ganado vacuno. Tesis doctoral. España, Universidad de Santiago de Compostela, Facultad de veterinaria, Departamento de química analítica, nutrición y bromatología. Pág. 76-79.
- Anzaldúa, M. A. (2005). *Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica* (2da ed.). Zaragoza: Acribia. Págs. 80-81.
- AOAC. 920.29:1990. *Official methods of analysis* (15 ed.). Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. 925.10:1990. *Official methods of analysis* (15 ed.). Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. 930.29:1990. *Official methods of analysis* (15 ed.). Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. 940.26:1990 *Official methods of analysis* (15 ed.). Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- Arenas de Moreno, L., Vidal, A., Huerta, S. D., Navas, Y., Uzcátegui, B. S. y Huerta, L. N. (2000). Análisis comparativo proximal y de minerales entre carnes de iguana, pollo y res. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50 (4), 409-415.
- Ávila, G. E. (2004). *Alimentación de las aves* (2da ed.). México: Trillas. Pág. 20-51.
- Barroeta, A. C. (2007). Nutritive value of poultry meat: relationship between vitamin E and PUFA. *World's Poultry Science Journal*, 63, 277-284.
- Barroeta, A. C. (sin año). El huevo y sus componentes como alimento funcional. Barcelona: Instituto de Estudios del Huevo. Págs. 1-11.
- Baucells, M. D., Crespo, N., Barroeta, A. C., Lopez, F. S. y Grashorn, M. A. (2000). Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Science*, 79 (1), 51–59.

- Betancourt, L. y Díaz, G. (2009). Enriquecimiento de huevos con ácidos grasos omega-3 mediante la suplementación con semilla de lino (*Linum usitatissimum*) en la dieta. *Revista MVZ Córdoba*, 14 (1), 1602-1610.
- Blas, B. C., Álvarez, C. C., Cachaldora, P., García, R. P. y Méndez, J. (2005). Calidad sensorial de huevos y carne enriquecidos en ácidos grasos omega-3 y ácido linoleico conjugado. XXI Curso de especialización FEDNA: Madrid. Págs. 15-34.
- Bou, R., Guardiola, F., Barroeta, A. C. y Codony, R. (2005). Effect of dietary fat sources and zinc and selenium supplements on the composition and consumer acceptability of chicken meat. *Poultry Science*, 84 (1), 1129-1140.
- Bou, R., Guardiola, F., Grau, A., Grimpa, S., Manich, A., Barroeta, A. C., y Codony, R. F. (2001). Influence of dietary fat source, alpha-tocopherol and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. *Poultry Science*, 80 (6), 800-807.
- Buxadé, C. C. (1995). *Zootecnia bases de producción animal, Reproducción y alimentación*. España: Mundi-Prensa. Tomo II, págs. (265-283).
- Calon, F., Lim, G. P., Yang, F. (2004). Docosahexaenoic acid protects from dendritic pathology in an Alzheimer's disease mouse model. *Neuron*, 43 (5), 633-645.
- Carrero, J. J., Martín, B. E., Baró, L., Fonollá, J., Jiménez, J., Boza, J. J. y López, H. E. (2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega 3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutrición Hospitalaria*, 20 (1), 63-69.
- Carvajal, S. G. (2001). Valor nutricional de la carne de res, cerdo y pollo. San José: Corporación de Fomento Ganadero (CORFOGA). Págs. 1-55.
- Castillo, B. C., Vázquez, V. J. L., González, A. M., Morales, B. E., Castillo, D. R. M. y Carrillo, D. S. (2005). El aceite de atún como fuente de ácidos grasos ω -3 en el huevo de gallina. *Grasas y aceites*, 56 (2), 153-159.
- Castillo, D. R. M. (2004). Efecto del aceite de sardina sobre el contenido de colesterol y ácidos grasos omega-3 y omega-6 en huevo de gallina. Tesis de maestría en ciencias. Colima, Universidad de Colima, Área de biotecnología. Pág. 7-18 y 27-29.
- Castro, G. M. I. (2002). Ácidos grasos omega 3: Beneficios y fuentes. *Interciencia*, 27 (3), 128-136.
- Chow, K. C. (1992). *Fatty acids in foods and their health implications*. USA: Marcel Dekker. Pág. 11-17.

- CLADES (Centro Latino Americano de Desarrollo Sustentable). (1989). La crianza casera de aves. Consultada el 20 de diciembre del 2010, en: http://www.clades.cl/documentos/ima_doc/crianzaaves.pdf
- Cobb (2008). Guía de manejo de reproductoras. Consultada el 30 de diciembre 2010, en: http://www.cobb-vantress.com/contactus/brochures/BreederGuide_SPAN_2008.pdf
- Cornejo, S., Hidalgo, H., Araya, J. y Pokniak, J. (2008). Suplementación de dietas de gallinas de postura comercial con aceites de pescado de diferentes grados de refinación. Efectos productivos en las aves y en la calidad organoléptica de los huevos. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40, 45-50.
- Coronado, H. M., Vega, L. S., Gutiérrez, T. R., García, F. B. y Díaz, G. G. (2006). Los ácidos grasos omega-3 y omega-6. Nutrición, bioquímica y salud. *Revista de Educación Bioquímica*, 25 (3), 72-79.
- Cortinas, H. L. (2004). Niveles de ácidos grasos poliinsaturados y α -tocoferol en el pienso de broilers: equilibrio entre composición lipídica y estabilidad oxidativa. Tesis doctoral en veterinaria. Barcelona, Universidad de Barcelona, Facultad de veterinaria, Departamento de ciencia animal y de los alimentos. Pág. 31-37 y 179-181.
- Damron, B.L., Sloan, D.R. y Garcia J.C. (1998). Nutrición para pequeñas parvadas de pollos. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida: USA. Págs. 1-4.
- Dhellot, J. R., Matouba, E., Maloumbi, M. G., Nzikou, J. M., Safou Ngoma, D. G., Linder, M., Desobry, S., y Parmentier, M. (2006). Extraction, chemical composition and nutritional characterization of vegetable oils: case of *Amaranthus hybridus* (var 1 and 2) of Congo Brazzaville. *African Journal of Biotechnology*, 5 (11), 1095-1101.
- Díaz, S.O. y Bonilla, B. O. (2003). *Aves (gallinas, patos, gansos, codornices y pavos) Elementos básicos para el manejo de animales de granja*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED). Págs. 29-51.
- Duke, J. A. (1992). *Handbook of Phytochemical Constituents of GRAS Herbs and Other Economic Plants*. Florida: CRC Press.
- Dupont, J. (1999). *Fats and Oils. Encyclopedia of Human Nutrition*. USA: Academic Press. Págs. 719-729.
- Eslaín, E. J. (1999). *Tablas de composición de alimentos*. Zaragoza: Acribia. Págs. 164-171.
- Etches, R. J. (1998). *Reproducción aviar*. Zaragoza: Acribia. Págs. 30-31 y 301-305.

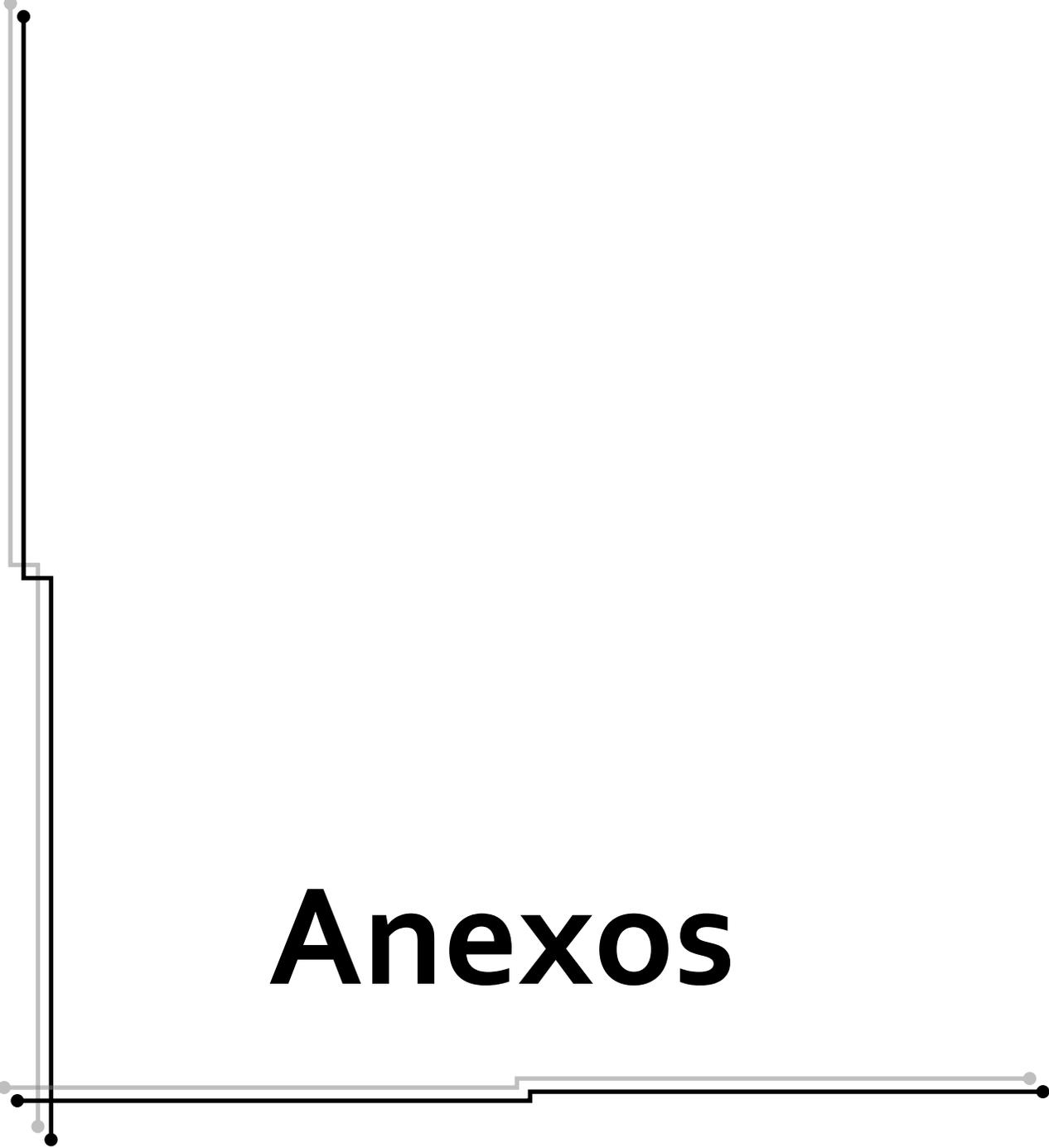
- FAO y SAGARPA (2007). *PROYECTO TIPO producción y manejo de aves de traspatio*. México: Programa especial para la seguridad alimentaria (PESA). Págs. 4-8.
- FAO., SAG y AEIC (2005). *Con concentrados caseros mejore la alimentación de sus aves y aumente la producción*. Honduras: Programa especial para la seguridad alimentaria (PESA). Págs. 4-7.
- FAO/OMS (1997). *Grasas y aceites en la nutrición humana*. Roma: Organización Mundial de la Salud (OMS). Pág. 168.
- Ferrier, K.L., Caston, J. L., Leeson, S., Squires, J., Weaver, J. B. y Holub, J. B. (1995). α -linolenic acid and docosahexaenoic acid enriched eggs from hens fed flaxseed. *American Journal of Clinical Nutrition*, 62, 81-86.
- Fortin, P. R., Lew, R. A., Liang, M. H., Wright, E. A., Beckett, L. A., Chalmers, T. C. y Sperling, R. I. (1995). Validation of a meta-analysis: The effects of fish oil in rheumatoid arthritis. *Journal of Clinical Epidemiology*, 48 (11), 1379-1390.
- García, J. P. (1993). *Comparación química, microbiológica y sensorial de la carne de iguana verde con la carne de pollo industrial*. Tesis para el grado de Licenciado en Tecnología de Alimentos. Costa Rica, Universidad de Costa Rica.
- Gil, H. A. (2010). *Tratado de Nutrición: Composición y calidad nutritiva de los alimentos* (2da ed.). Madrid: Médica Panamericana. Tomo II. Pág. 44.
- González, E. R. y Leeson, S. (2000). *Effect of feeding hens regular or deodorized arenque oil on production parameters, fatty acid profile and sensory quality of eggs*. *Poultry Science*, 79, 1597-1602.
- González, M. B. J., Bastida, S., Jiménez, O., Lorenzo, C., Vergara, G. y Sánchez, M. F. J. (2009). The effect of dietary fat on the fatty acid composition and cholesterol content of the eggs from Hy-line and Warren hens. *Grasas y aceites*, 60 (4), 350-359.
- Grobas y Mateos (1996). Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. XII Curso de de especialización FEDNA: Madrid. Págs. 1-25.
- Gutiérrez, T. M. A., Segura, C. J. C., López, B. L., Santos, F. J., Santos, R. R. H., Sarmiento, F. L., Carvajal, H. M. y Molina, C. G. (2007). Características de la avicultura de traspatio en el municipio de Tetiz, Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 7 (3), 217-224.
- Harbige, L. S. (1998). Dietary omega-6 and omega-3 fatty acids in immunity and autoimmune disease. *Proc. Nutr. Soc.*, 57(4), 555-562.

- Hites, R. A., Foran, J. A., Carpenter, D. O., Hamilton, M. C., Knuth, B. A. y Schwager, S. J. (2004). Global assessment of organic contaminants in farmed salmon. *Science*, 303 (5655), 226-229.
- Holub, B. J. (2002). Omega-3 fatty acids in cardiovascular care. *Clinical nutrition CMA*, 166, 608-615.
- INEGI (2007). *Existencias de aves de corral según especie, función o grado de desarrollo. México: Censo agropecuario 2007.*
- Instituto de Estudios del Huevo (2010). Proceso de formación del huevo. Consultado el 02 de octubre del 2010, en: http://www.huevo.org.es/el_huevo_formacion.asp
- Jacobs, M. N., Covaci, A. y Schepens, P. (2002). Investigation of selected persistent organic pollutants in farmed. *Environ. Sci. Technol.*, 36, 2797-2805.
- Jerez, S. M. P., Reyes, S. M., Carrillo, R. J. C., Villegas, A. Y. y Segura, C. J. (2008). Indicadores productivos de gallinas criollas en un sistema de producción avícola alternativo en Oaxaca, México. VIII Congreso SEAE de agricultura y alimentación ecológica. España. Págs. 1-5.
- Juárez, C. A. y Ortiz, A. M.A. (2001). Estudio de la incubabilidad y crianza en aves criollas de traspatio. *Veterinaria México*, 32 (1), 27-32.
- Kris-Etherton, P. M., Shaffer, T. D., Yu-Poth, S., Huth, P., Moriarty, K., Fishel, V., Hargrove, R. L., Zhao, G. y Etherton, T. D. (2000). Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. *Am. J. Clin. Nutr.*, 71, 179-188.
- Leaf, A., y Weber, P. C. (1987). A new era for science in nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.*, 45 (5), 1048-1053.
- Leeson, S. (1996). Programas de alimentación para ponedoras y broilers. Curso especializado FEDNA: Madrid. Págs. 1-14.
- López, F. S., Baucells, M. D., Barroeta, A. C. y Grashorn, M. A. (2001). n-3 enrichment of chicken meat 1. Use of very long-chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: fish oil. *Poultry Science*, 80 (6), 741-752.
- MacLean, C. H., Mojica, W. A. y Morton, S. C, *et al.* (2004). Effects of omega-3 fatty acids on lipids and glycemic control in type II diabetes and the metabolic syndrome and on inflammatory bowel disease, rheumatoid arthritis, renal disease, systemic lupus erythematosus, and osteoporosis. *Evidence Report Technology Assessments*, 89, 1-4.

- Martínez, H. y Astiasarán, I. (2005). *Alimentos, composición y propiedades* (2da ed.). España: Mc. Graw Hill. Págs. 11-14 y 53-58.
- Martínez, J. y Mora, D. (2010). Conocimientos y opiniones sobre la carne de pollo de dos comunidades rurales de Costa Rica. *Revista costarricense de Salud Pública*, 19 (1), 3-11.
- Mataix, V. J., Quiles, M. J. L. y Rodríguez, H. J. (2001). *Aceites y grasas*. En: Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC). Guías Alimentarias para la Población Española. 1a. Ed. Madrid: IM&C, S.A. Págs.121-131.
- Metcalfe, L. D. y Schmitz, A. A. (1961). Preparation of fatty acid esters for gas chromatography analysis. *Analytical chemistry*, 33 (3), 363-364.
- NOM-033-ZOO-1995. *Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres*. México: Norma Oficial Mexicana.
- Pardo, G. J. E. (1998). *La Industria cárnica: El Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos* (3ª ed.). España: Universidad de Castilla-La Mancha. Págs. 17-18.
- Portillo, L. K. S. (2007). Caracterización del subsistema avícola de traspatio en el caserío de Chuinahualate, Municipio de Nahualá. Tesis para el grado de Licenciada zootecnista. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Escuela de zootecnia. Pág. 21-29.
- Quintana, J. A. (2003). *Avitecnia: Manejo de las aves domésticas más comunes* (3era ed.). México: Trillas. Págs. 190-193, 248-249, 296-300.
- Ramirez, G. J. (2010). Incorporación de ácidos grasos omega 3 en carne y huevo de gallinas ponedoras a través de la suplementación con aceite de hígado de bacalao. Tesis para el grado de Lic. en Química en Alimentos. Pachuca, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área académica de química, Laboratorios de Físicoquímica de Alimentos 2, Análisis Sensorial y Biotecnología 1. Págs. 45-47 y 68-69.
- Razzini, E. y Baronzio, G. F. (1993). Omega-3 fatty acids as coadyuvant treatment in AIDS. *Medical Hypotheses*, 41 (4), 300-305.
- Richard, E. A. (1994). *Producción avícola* (3ra ed.). México: Manual Moderno. Págs. 21-31, 65, 199, 223-227, 254-255.
- Rodríguez, C. M., Tovar, R. A., Prado, M. y 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.

- SAGARPA (2003). Clasificación de gallinas por su tamaño y función zootécnica.
- Sancho, J., Bota, E. y de Castro, J.L. (2002). *Introducción al Análisis Sensorial de los alimentos*. México: Alfaomega. Págs. 123-125.
- Sanders, T. A. (2000). Polyunsaturated fatty acids in the food chain in Europe. *Am. J. Clin. Nutr.*, 71 (1), 176-178.
- Sarmiento, R. L. (2006). Alimentos funcionales, una nueva alternativa de alimentación. *Orinoquia*, 10 (1), 16-23.
- SDE (2009). *Alimentación de gallinas*. Nitlapán: EDISA. Págs. 2-13.
- Segura, C. J. C., Jerez, S. M. P., Sarmiento, F. L. y Santos, R. R. (2007). Indicadores de producción de huevo de gallinas criollas en el trópico de México. *Revista Archivos de Zootecnia*, 56 (215), 309-317.
- Sell, J. L. (1997). Últimos avances en nutrición de aves. XIII Curso de especialización FEDNA: Madrid. Págs. 1-12.
- Serna, S. S. (1996). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. México: A.C. T. Editor, S.A. Pág. 49.
- Shahidi, F. (2000). *Lípidos y proteínas funcionales del pescado*. En Mazza, G. Alimentos funcionales. España: Acribia. Pág. 379-400.
- Shimada, M. A. (2003). *Nutrición animal* (2ª ed.). México: Trillas. Pág. 68.
- Simopoulos, A. P. (1998). The return of W-3 fatty acids in to the food supply. Suiza. Pág. 240.
- Simopoulos, A. P. (1999). Essential fatty acids in health and chronic disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70 (3), 560-569.
- Simopoulos, A. P., Kifer, R. R., Martín, R. E. y Barlow, S. M. (1991). Health effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids in seafoods. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 66, 308.
- Siscovick, D., Raghunathan, T. E., King, I., Weinmann, S., Bovbjerg, V. E. y Kushi, L. (2000). Dietary intake of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and the risk of primary cardiac arrest. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71 (1), 208-212.
- Škrtić, Z., Kralik, G., Gajčević, Z., Hanžek, D. and Bogut, I. (2008). Effect of different source of oils on fatty acid profile and organoleptic traits of eggs. 16th Symposium "Animal Science Days", suplement 2, 129-134. Slovenia.

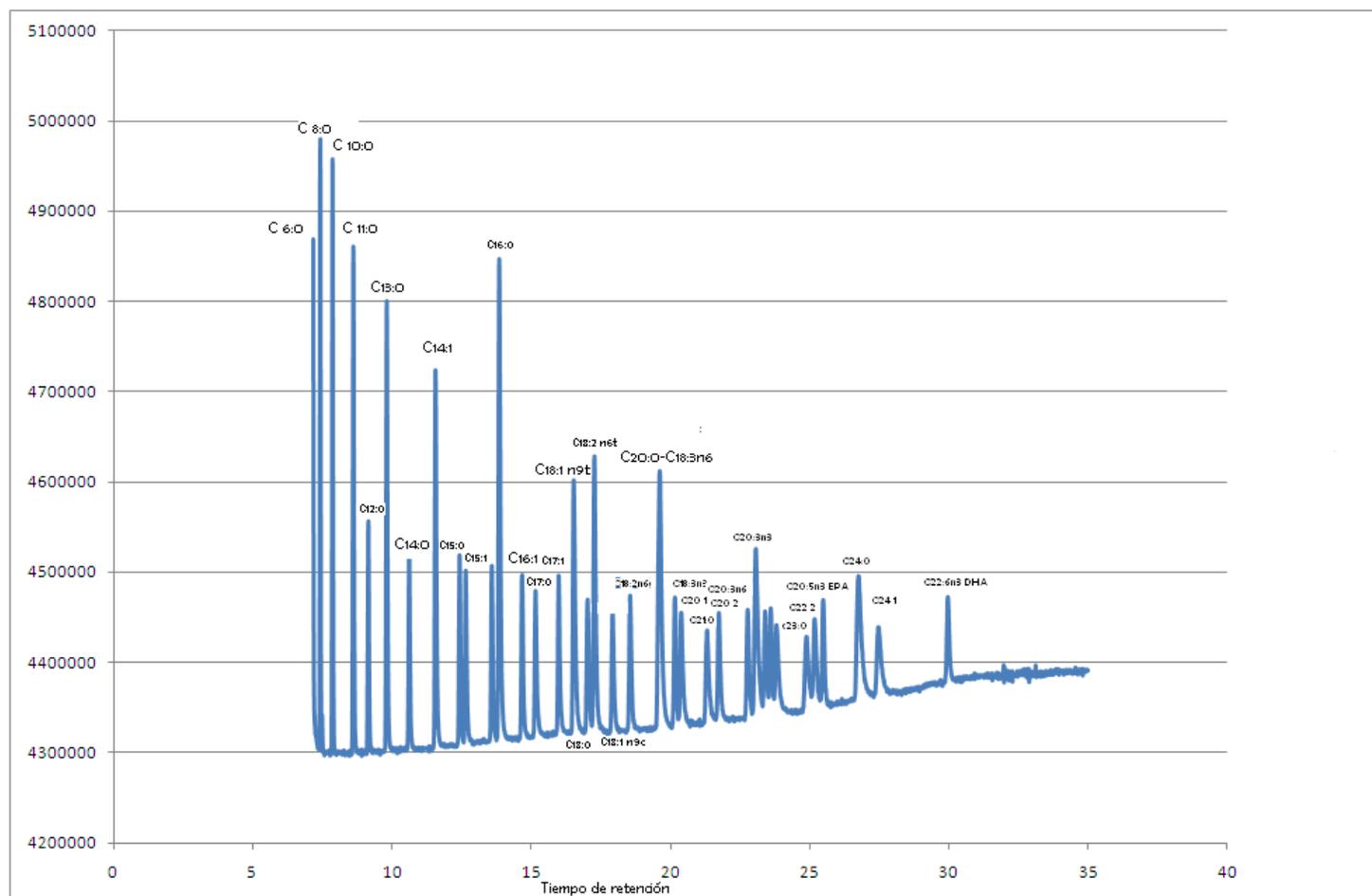
- Soto, H. I. M., Zavala, P. G., Cano, C. H. y López, M. J. (2002). Análisis de dos poblaciones de gallinas criollas (*Gallus domesticus*) utilizando RAPD'S como marcadores moleculares. *Técnica Pecuaria en México*, 40 (3), 275-283.
- Surai, P. F. (2002). *Natural Antioxidants in Avian Nutrition and Reproduction*. Nottingham: Nottingham University Press. Págs. 18-25.
- Surai, P. F., Sparks, N. H. C. (2000). Tissue-specific fatty acid and α -tocopherol profiles in male chickens depending on dietary tuna oil and vitamin E provision. *Poultry Science*, 79 (8), 1132-1142.
- Uauy, B. R. y Valenzuela, A. (1992). Marine oils as a source of omega-3 fatty acids in the diet how to optimize the health benefits. *Prog. Food. Nutr. Sci.*, 16 (3), 199-243.
- Uauy, R., Peirano, P., Hoffman, D., Mena, P., Birch, D., Birch, E., (1996). Role of essential fatty acids in the function of the developing nervous system. *Lipids*, 31 (1), 167-176.
- UNE-87006:1992. *Análisis sensorial, Metodología para Prueba Triangular*. España: AENOR.
- Vaca, A. L. (2003). *Producción avícola*. San José, Costa Rica: Editorial universidad estatal a distancia. Págs. 59-61, 72-74 y 85.
- Van Elswyk, M.E. (1997). Comparison of n-3 Fatty Acid Sources in Laying Hen Rations for Improvement of Whole Egg Nutritional Quality. *British Journal of Nutrition*, 78 (1), 61-69.
- Yalcýn, H., Kemal, Ü. M. y Basmacıoolu, 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 (4), 372-378.
- Yannakopoulos, A. L. (2007). Bioactive egg compounds: Egg enrichment in Omega-3 fatty acids. *Biomedical and Life Sciences*, 2, 159-170.
- Yazawa, K. (1996). Production of eicosapentaenoic acid from marine bacteria. *Lipids*, 31 (1), 297-300.
- Yehuda, S., Rabinovitz, S. y Mostofsky, D. I. (1999). Essential fatty acids are mediators of brain biochemistry and cognitive functions. *Journal of Neuroscience Research*, 56 (6), 565-570.



Anexos

9. ANEXOS

Anexo 1. Cromatograma de estándar de ácidos grasos



Anexo 2. Ficha de cata de prueba triangular



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Lic. en Química en Alimentos



Inducción de la síntesis natural de ácidos grasos omega 3

Muestra:	Fecha:	
	Nombre:	
	Edad:	
<p>Evalúe por favor las tres muestras presentadas de izquierda a derecha. Rodee con un círculo la clave de la muestra que considera distinta. No se olvide tomar pan y agua para enjuagar la boca después de cada muestra.</p>		
Clave	Clave	Clave

Comentarios _____

¡Gracias!