



# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA**

**ÁREA ACADÉMICA DE QUÍMICA**

***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 OBTENER EL GRADO DE:**

**QUÍMICO EN ALIMENTOS**

**P R E S E N T A:**

***JUAN RAMÍREZ GODÍNEZ***

**D I R E C T O R:**

**DR. JAVIER AÑORVE MORGA**

**CODIRECTORAS:**

**DRA. ELIZABETH CONTRERAS LÓPEZ**

**DRA. JUDITH JAIMEZ ORDAZ**

**MINERAL DE LA REFORMA, HGO., DICIEMBRE 2010**





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
 INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
 LICENCIATURA EN QUÍMICA EN ALIMENTOS

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 al pasante de Licenciatura en Química en Alimentos RAMÍREZ GODÍNEZ JUAN, quien presenta el trabajo de titulación "INCORPORACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3 EN CARNE Y HUEVO DE GALLINAS PONEDORAS A TRAVÉS DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ACEITE DE HÍGADO DE BACALAO" 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. Judith Jaimez Ordaz	
Tercer vocal	Dra. Gabriela Alejandra Vázquez	
Secretario	Dra. Elizabeth Contreras López	
Primer suplente	Dr. Jose Antonio Rodriguez Ávila	
Segundo suplente	Dra. Araceli Castañeda Ovando	

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

ATENTAMENTE   
 "Amor, Orden y Progreso" DE HIDALGO  
 Mineral de la Reforma Hidalgo, 24 de Noviembre de 2010.

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

Ciudad Universitaria Carretera Pachuca – Tulancingo Km. 4.5 C.P. 42184  
 Col. Carboneras Mineral de la Reforma Hidalgo.  
 Tel. 017717172000 Ext. 8501 Fax ext. 8502  
 locampo@uaeh.reduaeh.mx

Algunos de los resultados del presente trabajo han sido presentados en los siguientes foros científicos:

- XV Congreso Latinoamericano de Nutrición. XVI Jornadas de la Sociedad Chilena de Nutrición. *Incorporación de ácidos grasos omega-3 en carne de pollos "broilers" mediante la suplementación de diferentes fuentes lipídicas*. Celebrado del 15 al 19 de Noviembre de 2009. Santiago de Chile, Chile.
- XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. *Efecto de la suplementación con aceite de hígado de bacalao en la composición química de huevos de gallinas ponedoras*. Celebrado del 27 al 28 de Mayo de 2010. Guanajuato, Gto., México.
- Primer foro de trabajos de investigación para la generación y aplicación del conocimiento. *Influencia de los alimentos en las propiedades fisicoquímicas de la carne de gallinas ponedoras*. Celebrado del 1 al 2 de Julio de 2010. Mineral de la Reforma, Hgo., México.
- XXIII Congreso Nacional de Química Analítica. *Efecto de la suplementación con aceite de hígado de bacalao en la composición química de carne de gallinas ponedoras*. Celebrado del 30 de Junio al 2 de Julio de 2010. Acapulco, Gro., México.
- 4th. International Congress on Food Science and Food Biotechnology in Developing Countries. *Incorporation of omega-3- fatty acids into laying hens meat and egg*. Celebrado del 29 de Noviembre al 1 de Diciembre de 2010. Boca del Rio, Ver., México.

El presente trabajo se realizó en:

- Laboratorios de Fisicoquímica de Alimentos 2, Análisis Sensorial y Biotecnología 1 del Área Académica de Química de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Este trabajo fue financiado por el Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP), formando parte del proyecto titulado *“Incorporación de ácidos grasos omega 3 en carne y huevo de pollo a través de la alimentación con diferentes fuentes lipídicas”* (Número de registro PROMEP/103-5/07/2437).

## **ÍNDICE GENERAL**

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	vi
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	vii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	2
<b>2. ANTECEDENTES</b>	4
2.1 ALIMENTOS FUNCIONALES	4
2.1.1 Origen	4
2.1.2 Definición	5
2.1.3 Alimentos funcionales en el mercado	5
2.2 ÁCIDOS GRASOS	7
2.2.1 Ácidos grasos omega-3	9
2.2.2 Beneficios de los ácidos grasos omega-3	9
2.2.2.1 Durante la gestación	9
2.2.2.2 Durante el crecimiento	9
2.2.2.3 Sobre el sistema cardiovascular	9
2.2.2.4 Sobre el sistema nervioso	9
2.2.2.5 Otras enfermedades	10
2.2.3 Fuentes de obtención de ácidos grasos omega-3	10
2.2.3.1 Productos marinos	11
2.2.3.2 Vegetales y semillas	11
2.2.4 Ingesta recomendada de ácidos grasos omega-3	12
2.2.5 Productos enriquecidos con ácidos grasos omega-3	12
2.3 GALLINAS PONEDORAS	13
2.3.1 Producción de carne de pollo	13
2.3.1.1 Producción mundial	13
2.3.1.2 Producción nacional	14
2.3.1.3 Valor de la producción	16
2.3.1.4 Consumo	16
2.4 HUEVO	16
2.4.1 Producción nacional	17
2.4.2 Estacionalidad de la producción de huevo	17
2.4.3 Valor de la producción	18
2.5 ANÁLISIS SENSORIAL	18
2.5.1 Usos y aplicación de la evaluación sensorial	19
2.5.2 Pruebas analíticas	19

<b>3. JUSTIFICACIÓN</b>	21
<b>4. OBJETIVOS</b>	23
4.1 General	24
4.2 Específicos	24
<b>5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</b>	25
5.1 Diseño de grupos experimentales	26
5.2 Obtención de muestras de carne	26
5.3 Obtención de muestras de huevo	27
5.4 Caracterización química	27
5.4.1 Humedad	27
5.4.2 Cenizas	28
5.4.3 Grasa	28
5.4.3.1 Grasa total	28
5.4.3.2 Identificación de ácidos grasos en carne y yema de huevo	29
5.4.3.2.1 Extracción de lípidos totales	29
5.4.3.2.2 Metilación y extracción de metil ésteres de ácidos grasos (MEAG)	29
5.4.3.2.3 Identificación y cuantificación de MEAG mediante cromatografía de gases	30
(CG)	
5.4.3.3 Determinación de colesterol en yema de huevo	31
5.4.4 Proteína	33
5.4.4.1 Proteína en carne (método Kjeldhal)	33
5.4.4.2 Proteína en huevo (método Bradford)	34
5.5 Análisis sensorial en carne, huevo y agua de cocción (prueba triangular)	36
5.5.1 Procedimiento	36
5.6 Análisis estadístico	37
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	38
6.1 Parámetros evaluados en las gallinas	39
6.1.1 Consumo de agua	39
6.1.2 Consumo de alimento	40
6.1.3 Peso vivo	41
6.2 Caracterización química en carne	43
6.2.1 Humedad	43
6.2.2 Cenizas	44
6.2.3 Grasa	44
6.2.3.1 Grasa total	45
6.2.3.2 Cuantificación de ácidos grasos en carne	46
6.2.4 Proteína	56
6.3 Parámetros evaluados en huevo	57
6.3.1 Incremento en peso de los huevos	57
6.4 Caracterización química del huevo	59
6.4.1 Humedad	59

6.4.2 Cenizas	60
6.4.3 Grasa	60
6.4.3.1 Grasa total	60
6.4.3.2 Cuantificación de ácidos grasos en yema de huevo	61
6.4.3.3 Colesterol	68
6.4.4 Proteína	70
6.5 Análisis sensorial en carne, huevo y agua de cocción	71
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>75</b>
<b>8. REFERENCIAS</b>	<b>77</b>
<b>9 ANEXOS</b>	<b>89</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Principales componentes funcionales de los alimentos	6
Tabla 2. Composición de las dietas utilizadas en la experimentación	26
Tabla 3. Preparación de estándares y muestra para determinación de colesterol	32
Tabla 4. Preparación de estándares para determinación de proteína por el método Bradford	35
Tabla 5. Contenido de humedad de la carne de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes	43
Tabla 6. Contenido de cenizas de la carne de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes	44
Tabla 7. Contenido de grasa en la carne de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes	46
Tabla 8. Composición de ácidos grasos (en mg/100 g) de la carne de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes	53
Tabla 9. Contenido de ácidos grasos clasificados por tipo, provenientes de la carne de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes	54
Tabla 10. Contenido de EPA y DHA (% con respecto al total de ácidos grasos) de la carne de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes.	56
Tabla 11. Contenido de proteína en la carne de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes.	57
Tabla 12. Contenido de humedad en huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes.	59
Tabla 13. Contenido de cenizas en huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes.	60
Tabla 14. Contenido de grasa en huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes.	61
Tabla 15. Composición de ácidos grasos (mg/100g) de huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes	65

Tabla 16. Contenido de ácidos grasos clasificados por tipo, provenientes de la yema de huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes	66
Tabla 17. Contenido de EPA y DHA (% con respecto al total de ácidos grasos) en huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes.	68
Tabla 18. Contenido de colesterol en huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes.	69
Tabla 19. Contenido de proteína en huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes.	71
Tabla 20. Evaluación sensorial de D1 (maíz) vs D4 (maíz suplementado con aceite de hígado de bacalao).	73
Tabla 21. Evaluación sensorial de D2 (alimento comercial) vs D3 (alimento comercial suplementado con aceite de hígado de bacalao)	74

**ÍNDICE DE FIGURAS**

	Pág.
Figura 1. Estructuras desarrolladas de PUFAs ( $\omega$ -3 y $\omega$ -6)	7
Figura 2. Transformación del ácido $\alpha$ -linolénico en EPA y DHA	8
Figura 3. Clasificación de las pruebas analíticas utilizadas en la evaluación sensorial	20
Figura 4. Cromatograma del aceite de hígado de bacalao	46
Figura 5. Cromatograma del alimento utilizado en las dietas D2 y D3	47
Figura 6. Cromatograma del maíz utilizado en las dietas D1 y D4	48
Figura 7. Cromatograma de la carne proveniente de la dieta D1	50
Figura 8. Cromatograma de la carne proveniente de la dieta D2	50
Figura 9. Cromatograma de la carne proveniente de la dieta D3	51
Figura 10. Cromatograma de la carne proveniente de la dieta D4	51
Figura 11. Cromatograma de la yema de huevo proveniente de la dieta D1	63
Figura 12. Cromatograma de la yema de huevo proveniente de la dieta D2	63
Figura 13. Cromatograma de la yema de huevo proveniente de la dieta D3	64
Figura 14. Cromatograma de la yema de huevo proveniente de la dieta D4	64

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

	Pág.
Gráfico 1. Principales países productores de pollo	14
Gráfico 2. Producción de carne de pollo en México	15
Gráfico 3. Principales Estados productores de pollo en México en 2008	15
Gráfico 4. Valor de la producción nacional	16
Gráfico 5. Producción nacional de huevo	17
Gráfico 6. Rampa de temperatura utilizada en el análisis de ácidos grasos para CG	31
Gráfico 7. Consumo de agua de los diferentes grupos de estudio	39
Gráfico 8. Consumo de alimento de los diferentes grupos de estudio	40
Gráfico 9. Ganancia en peso de los diferentes grupos	42
Gráfico 10. Incremento en peso de los huevos de las gallinas alimentadas con las diferentes dietas	58

*Nuestros sufrimientos son caricias bondadosas de Dios llamándonos para que nos volvamos a él, y para hacernos reconocer que nos somos nosotros los que controlamos nuestras vidas, si no que es Dios quién tiene el control, y podemos confiar plenamente en él.*

**Madre Teresa de Calcuta**

*Cuando todos te abandonan, Dios se queda contigo.*

**Mahatma Gandhi**

## **DEDICATORIAS**

**Dios** gracias por estar conmigo en cada paso que doy, por darme fuerzas e iluminar mi camino en todo momento, por darme la maravillosa familia que tengo y por haber puesto en mi camino a cada persona que me ha permitido llegar a este momento. Por ser mi creador, el motor de mi vida, porque todo lo que tengo, lo que puedo y lo que recibo es el mejor regalo que me has dado.

A mi **tía nena (Magdalena)** que no puedo compartir contigo este momento de dicha, porque desafortunadamente Dios te llamo antes de que pudieras ver este proyecto culminado, tu partida es algo que no he podido superar, solo confié en que estas en un mejor lugar y que tarde o temprano volveremos a estar juntos. Gracias por todo el cariño que me diste.

**A mis padres (Rosa y Agustín)** sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constantes, sólo deseo que sepan que mi logro, es también de ustedes, que mi esfuerzo es inspirado en por todo lo que han hecho por mí y que no tengo como agradecer todo lo que he recibido de su parte.

A mi hermana **Anabel** por su apoyo incondicional, consejos y el ánimo que me brindo para lograr siempre seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS**

*Es preciso saber lo que se quiere; cuando se quiere; hay que tener el valor de decirlo;  
y cuando se dice, es menester tener el coraje de realizarlo.*

Con este proyecto culmina una de las etapas más importantes en mi vida, a lo largo de este tiempo tuve la fortuna de conocer a muchas personas que me guiaron para poder llegar a cumplir este objetivo.

**Dra. Liz** no tengo como agradecer todo lo que ha hecho por mí, por sus consejos en los momentos más oportunos, por las risas de todas las tonterías que hacía, por sus regaños cuando fueron necesarios, por estar siempre ahí cuando la necesitaba y sobre todo por su amistad y confianza.

**Dra. Araceli** gracias por enseñarme muchas cosas que no conocía, por las risas, regaños, y consejos y por brindarme tu amistad y confianza. Siempre estaré agradecido por todo lo que haz hecho por mí.

**Dra. Judith** gracias por su ayuda en la realización de esta tesis, no sabe la admiración que tengo por usted en la parte de Sensorial, además por brindarme su apoyo y confianza; y uno que otro regaño bien merecido, pero se que era por mi bien.

**Dra. Vero** gracias por todo el apoyo que recibimos para este proyecto; y sobre todo por los consejos que me ha dado.

**A mis sinodales** (Dra. Gaby, Dr. José Antonio y Dr. Villagómez) gracias por tomarse el tiempo de revisar mi trabajo, por las correcciones que hicieron a fin de presentar algo mejor.

**Claudia Romo** gracias por tu ayuda con la cromatografía de gases, por los trucos, consejos y porque nunca decías que no cuando necesitaba el equipo.

**Dra. Icela** gracias por la ayuda prestada con sus equipos ya que nunca me decía que no y eso me ayudo a realizar mis determinaciones más rápido.

**Dr. Añorve** gracias por permitirme trabajar en este proyecto en el que me permitió conocer muchas cosas que no sabia. Y por todo lo que enseñó.

### **A mis amigos:**

**Jas** gracias por ser la mejor amiga, por las risas, los llantos y todo lo que pasamos juntos, sobre todo por tus palabras de aliento en los momentos difíciles porque a pesar de que las cosas nunca salían como las teníamos planeadas siempre veías el lado positivo. Gracias por contemplarme siempre en tus oraciones. Te quiero mucho.

**Fernando** gracias por todo lo que has hecho por mí, por tu amistad, consejos, por escucharme y decirme que yo podía. Ha sido una fortuna haberte encontrado en mi camino. No tienes idea en todo lo que me has ayudado.

**Arturo** que te puedo decir gracias por haber estado siempre en los momentos precisos, por tus consejos, por tus enojos y risas, porque siempre me decías que todo llegaba en el momento preciso. Te debo muchas amigo.

**Rebe** gracias por tu apoyo, comprensión y porque nunca me dejaste solo, y por todo lo que compartimos, eres una gran amiga.

Gracias amigos por estar a mi lado en este tiempo, **Adrianelly** por tu cariño, comprensión y no dejarme solo. Sabes que eres una muy buena amiga y que te quiero mucho. **Juan José** gracias por tu confianza y apoyo y por decirme que no me desesperara. **Roberto** tus ocurrencias me sirvieron para distraerme un poco del estrés que a veces tenía, la verdad es que ustedes tres son tan geniales y que bueno fue conocerlos..

A mis amigos (**Claudia, Mónica, Enrique, Miguel**) agradezco el cariño, apoyo incondicional y los momentos que pasamos juntos, donde hubo cosas graciosas que nos ayudaban a olvidar cualquier problema. Que bueno fue haberlos conocido y formar parte de la familia química.

A **Quinatzin, Kary, Ale, Berna, Ulin Antobelli, Emmanuel, Paty**, por el tiempo que compartimos junto; y a pesar de que las circunstancias nos separaron, la vida ha dejado que podamos seguir siendo amigos gracias por su apoyo.

**Aldo** y **Carlos** gracias por sus palabras de aliento en varias ocasiones, por la confianza y el apoyo brindado y por siempre decirme que no me diera por vencido a pesar de que las circunstancias no eran las mejores, y que tarde o temprano vendría lo mejor para mí.

A las lindas **Yhosany, Irisais y Selene**, porque han creído en mí y por las pláticas en las que me han alentado a seguir adelante, fue una fortuna haberlas encontrado en mi camino.

A los chavos del laboratorio (Mimi, Zaira, Miguelito, Joselin, Lupito) por todos los buenos y malos momentos en el trabajo, aprendí muchas cosas de ustedes que me ayudaron a crecer como persona.

A mis amigos Paty, Karla, Toño, Anabel, Ana Laura, Julio, Jorge gracias por su amistad a lo largo de mucho tiempo.

# **Introducción**

## 1. INTRODUCCIÓN

Las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés acentuado de los consumidores hacia ciertos alimentos, que además del valor nutritivo, aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo.

Es por ello que hoy el concepto de alimento funcional adquiere una mayor relevancia; debido a que en su composición estos contemplan la presencia de macronutrientes con efectos fisiológicos concretos (almidón, ácidos grasos omega 3, entre otros) y micronutrientes esenciales con ingestas necesariamente superiores a las recomendaciones dietéticas diarias.

En lo que respecta a las investigaciones que se han realizado en el área de los lípidos, se ha observado que una dieta baja en grasas saturadas y, al mismo tiempo, rica en ácidos grasos insaturados (principalmente poliinsaturados) es beneficiosa, ya que, en los últimos años se han encontrado diversos efectos fisiológicos benéficos de los ácidos grasos omega-3 (AG  $\omega$ -3) en el corazón y la circulación, principalmente por la prevención o tratamiento de la aterosclerosis, la trombosis, la hipertriacilglucemia y la hipertensión, en la respuesta inmunológica principalmente por el tratamiento del asma, la artritis, entre otras.

La ingesta de alimentos de origen marino (bacalao, caballa, entre otros) o bien aquellos enriquecidos en ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs  $\omega$ -3) parece ser una opción eficaz en la reducción de factores de riesgo de enfermedades antes mencionadas.

En estudios recientes se ha reportado la manipulación en la alimentación animal a fin de incrementar el contenido de  $\omega$ -3 en los productos animales. Los resultados han revelado la factibilidad en la incorporación de ácidos grasos esenciales, específicamente ácido eicosapentanoico (EPA) y docosahexanoico (DHA), en carne y yema de huevo. El objetivo de este trabajo fue, mediante la suplementación de aceite de hígado de bacalao en la dieta de gallinas ponedoras, obtener carne y huevo con AG  $\omega$ -3 (EPA y DHA), sin cambios desfavorables en sus propiedades sensoriales.

# Antecedentes

La ciencia será siempre una búsqueda, nunca un descubrimiento real.  
Es un viaje, nunca un destino.

*Karl Popper*

## ANTECEDENTES

En la última década se han suscitado muchos cambios en el campo de la alimentación. El interés por el consumo de alimentos con nutrientes únicamente dirigidos a evitar déficits ha dejado de ser la meta en las sociedades desarrolladas. Ahora, la alimentación se concibe como el medio para tener una nutrición óptima, que permita tener buena calidad de vida y el bienestar integral del individuo.

En este sentido Astiasarán y Martínez (1999) mencionan que las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés acentuado de los consumidores hacia ciertos alimentos, que además del valor nutritivo, aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo. Diplock y col. (1999) afirman que la principal función de la dieta es aportar los nutrientes necesarios para satisfacer las necesidades nutricionales de las personas.

Ashwell (2001) indica que las personas reconocen en mayor medida que llevar un estilo de vida sano, incluida la dieta, puede contribuir a reducir el riesgo de padecer enfermedades y dolencias, y a mantener el estado de salud y bienestar.

Así, la nutrición adquiere un nuevo enfoque terapéutico y preventivo; participa en la promoción de la salud y es ya considerada como factor de protección ante una larga serie de circunstancias patológicas (Silveira y col., 2003).

### 2.1 ALIMENTOS FUNCIONALES

#### 2.1.1 Origen

Japón es considerado como el país en donde se originó el estudio de los alimentos funcionales en la década de los ochentas y que actualmente se engloban bajo el nombre de *FOSHU Food for Specified Health Use* (Alimentos para uso específico de salud). Éstos surgieron como respuesta a la necesidad de las autoridades japonesas de garantizar una mejor calidad de vida de la población anciana y así controlar los gastos sanitarios originados por la mayor esperanza de vida de esta población (Arai, 1996).

### 2.1.2 Definición

No existe a nivel mundial una definición única de alimentos funcionales; algunos de los conceptos que se manejan en la actualidad son los siguientes:

En Japón se asigna este término a aquellos alimentos procesados que contienen ingredientes que desempeñan un papel específico en las funciones fisiológicas del organismo humano, más allá de su valor nutricional (Arai, 1996).

En los Estados Unidos, para ser considerado como funcional, el alimento debe estar siempre modificado de alguna forma. Mientras que, en la Unión Europea, se subraya que un alimento funcional “es el que contiene al menos un elemento nutriente o no nutriente positivo para una o varias funciones del organismo encaminado a incrementar el bienestar o disminuir el riesgo de enfermar” y que debe seguir siendo en todo momento un alimento; es decir, es necesario que ejerza sus efectos beneficiosos consumido dentro de una dieta convencional y en la cantidad en que habitualmente es ingerido (Silveira y col. 2003).

En México la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) define a un alimento funcional o saludable como: “aquellos alimentos procesados que se consumen como parte de una dieta normal y contienen ingredientes y/o componentes biológicamente activos, que pueden ofrecer beneficios para la salud y pueden reducir el riesgo de sufrir enfermedades” (Anzures, 2008).

Silveira y col. (2003) indican que un *alimento funcional* puede serlo para toda la población o sólo para un grupo específico; debido a que en su composición se contemplan la presencia de macronutrientes con efectos fisiológicos concretos (almidón, ácidos grasos omega 3, entre otros) y micronutrientes esenciales con ingestas necesariamente superiores a las recomendaciones dietéticas diarias. Pueden ser nutrientes o no nutrientes, esenciales o no esenciales, naturales o modificados.

### 2.1.3 Alimentos funcionales en el mercado

La lista de alimentos funcionales presentes hoy en los supermercados es variada. Abarca tanto alimentos no modificados, como los procesados industrialmente. La transformación de un alimento en funcional puede realizarse eliminando algún componente nocivo (grasa saturada), fortificándolo con sustancias beneficiosas (cereales con minerales y vitaminas, pan con fibra, leche con calcio), mediante la adición de un elemento no presente de forma habitual en el mismo (aceite con antioxidantes), la

sustitución de un compuesto perjudicial por otro deseable (grasas por inulina, leche descremada con AG  $\omega$ -3) o a nivel de optimización de la biodisponibilidad/estabilidad (Marriott, 2000).

En la tabla 1 se citan algunos ejemplos de componentes presentes de manera natural en los alimentos, que han mostrado efectos benéficos para el consumidor y que son utilizados para diversificar la gama de alimentos funcionales (Hasler, 2000).

**Tabla 1. Principales componentes funcionales de los alimentos**

<b>Clase/Componente</b>	<b>Origen</b>	<b>Beneficio potencial</b>
<b>Carotenoides</b>		
Beta caroteno	Zanahoria	Neutraliza los radicales libres que podrían dañar a las células
Luteína	Vegetales verdes	Contribuye a una visión sana
Lycopeno	Tomate	Podría reducir el riesgo de cáncer de próstata
<b>Fibras dietéticas</b>		
Fibra insoluble	Cáscara de trigo	Podría reducir el riesgo de cáncer de colon
Beta glucano	Avena	Reduce el riesgo de enfermedad cardiovascular
<b>Ácidos grasos</b>		
Omega 3, ácido graso DHA	Aceites de peces	Podrían reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y mejorar funciones mentales y visuales
Ácido linoléico	Queso, productos cárnicos	Podrían mejorar la composición corporal, podrían reducir el riesgo de ciertos tipos de cáncer
<b>Flavonoides</b>		
Catequinas	Té	Neutraliza radicales libres, podría reducir el riesgo de cáncer
Flavonas	Cítricos	Neutraliza radicales libres, podría reducir el riesgo de cáncer
<b>Esteroles vegetales</b>		
Éster estanol	Maíz, soya, trigo	Reduce los niveles de colesterol sanguíneo
<b>Prebióticos/Probióticos</b>		
Fructooligosacáridos	Achicoria, cebolla	Podría mejorar la salud gastrointestinal
Lactobacilos	Yogurt	Podría mejorar la salud gastrointestinal
<b>Fitoestrógenos</b>		
Isoflavonas	Alimentos con soya	Podrían reducir los síntomas de la menopausia

Fuente: Hasler, 2000

Para que los alimentos funcionales puedan aportar todos los beneficios posibles para la salud pública, los consumidores tienen que comprender bien y confiar en los criterios científicos utilizados para documentar sus efectos y atribuciones beneficiosas.

En este sentido, el área de lípidos ha generado un gran interés ya que se ha demostrado que, una dieta baja en grasas saturadas y, al mismo tiempo, rica en ácidos grasos insaturados (principalmente poliinsaturados) es beneficiosa no sólo para quienes padecen afecciones cardiacas, sino para todos. Estos ácidos ayudan a reducir el nivel de colesterol "malo", disminuyendo así el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (Shahidi, 2000).

## 2.2 ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos son constituyentes tanto de triglicéridos como de lípidos complejos y pueden esterificar también al colesterol. Tienen una estructura (generalmente lineal) con un grupo carboxilo (HOOC-) en un extremo y un grupo metilo (CH<sub>3</sub>-) en el otro; el resto de la molécula es una cadena hidrocarbonada (Muriana, 2003).

### 2.2.1 Ácidos grasos omega

Los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA's) se caracterizan por la presencia de dos o más insaturaciones (enlaces dobles). De acuerdo a la posición del primer doble enlace de la cadena, contando a partir del extremo metilo (denominado carbono omega) existen tres familias de ácidos grasos poliinsaturados: omega-3 (AG  $\omega$ -3), omega-6 (AG  $\omega$ -6) (figura 1) y omega-9 (AG  $\omega$ -9) (Muriana, 2003). Debido a que los AG  $\omega$ -3 y AG  $\omega$ -6 no pueden ser sintetizados por el organismo humano y son necesarios para funciones vitales se les clasifica como "ácidos grasos esenciales" (Chow, 1992; FAO/OMS, 1997).

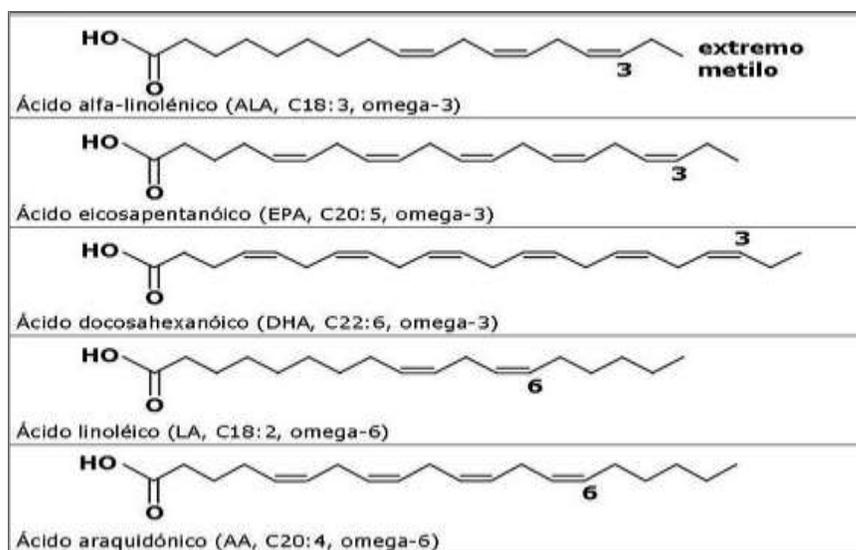


Figura 1. Estructuras desarrolladas de PUFAs ( $\omega$ -3 y  $\omega$ -6)

Aunque el cuerpo humano no puede producir estos dos ácidos grasos, sí puede transformarlos en cadenas más largas, produciendo sustancias reguladoras y con actividad biológica, que se conocen genéricamente como eicosanoides. Aún cuando el organismo es capaz de convertir el ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA, C18:3) en ácido eicosapentaenoico (EPA, C20:5  $\omega$ -3) y en menor medida en ácido docosahexaenoico (DHA, C22:6- $\omega$ -3) (figura 2), dicha capacidad está bastante limitada. Por este motivo, los humanos necesitan obtener directamente AG  $\omega$ -3 de cadena larga de los alimentos (Shahidi, 2000).

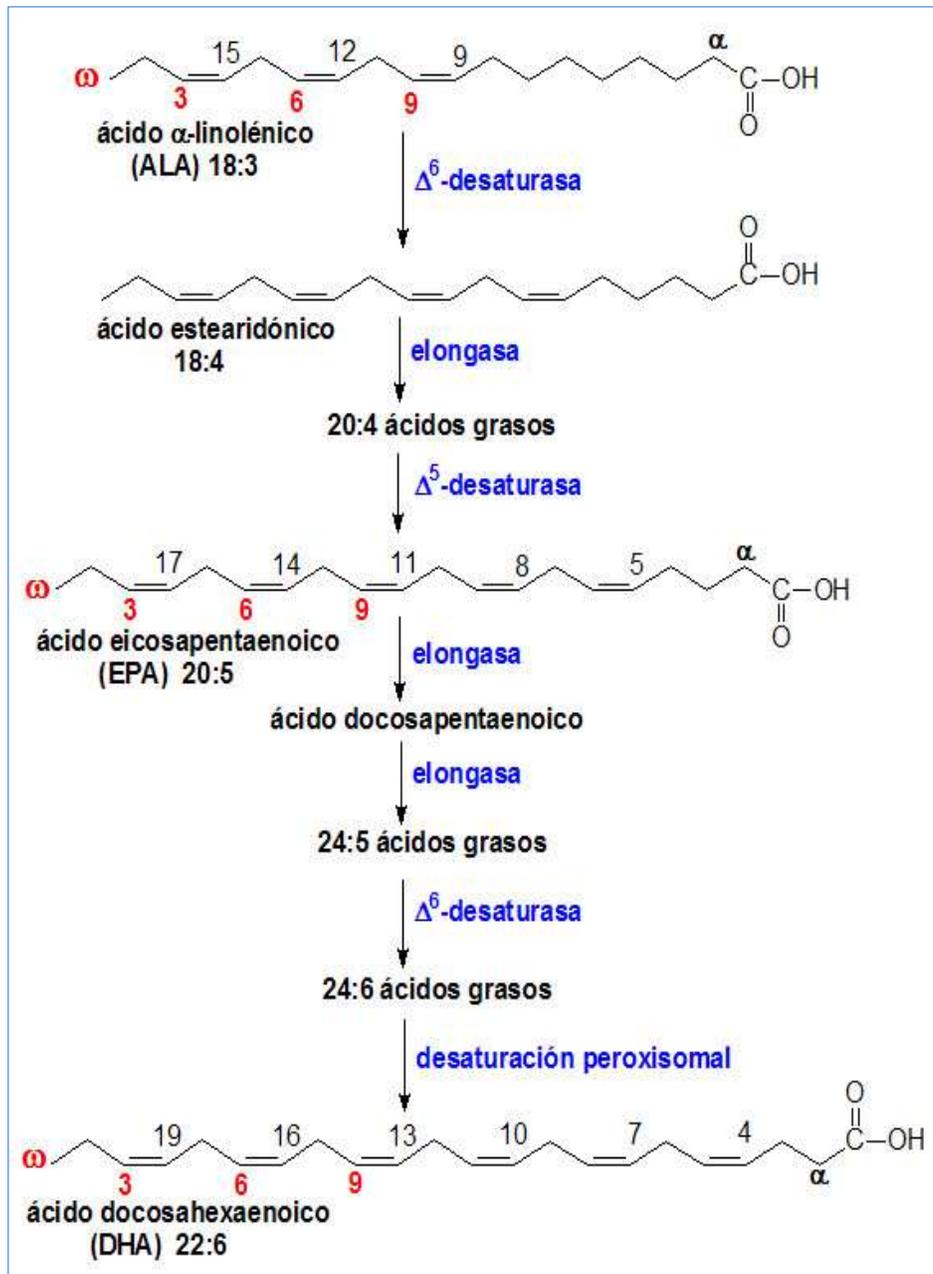


Figura 2. Transformación del ácido  $\alpha$ -linolénico en EPA y DHA

## **2.2.2 Beneficios de los ácidos grasos omega-3 (AG $\omega$ -3)**

### **2.2.2.1 Durante la gestación**

La dieta de la madre antes de la concepción es de gran importancia, ya que determina en parte el tipo de grasas que se acumularán en los tejidos del feto. Los AG  $\omega$ -3 son componentes estructurales del cerebro y de la retina durante el desarrollo del feto. Se ha estimado que aproximadamente 600 mg de los ácidos grasos esenciales son transferidos de la madre sana al feto durante la última etapa de gestación. La placenta transporta selectivamente ácidos araquidónico (AA; C20:4-  $\omega$ -6) y DHA (22:6  $\omega$ -3) de la madre al feto. Lo anterior produce un incremento de estos ácidos grasos en los lípidos circulantes del feto, proceso vital durante el tercer trimestre de gestación, que es cuando el desarrollo del sistema nervioso es mayor. Se ha observado un incremento notable en el contenido de DHA en el tejido cerebral durante este periodo y después del nacimiento (Connor, 1996).

Algunos estudios sugieren que el consumo de pescado y el suplemento con aceite de pescado durante la gestación reduce la incidencia de partos prematuros e incrementa el peso al nacimiento (Connor, 1996).

### **2.2.2.2 Durante el crecimiento**

En niños amamantados o alimentados con fórmulas que contienen DHA se ha observado un incremento en la agudeza visual y en la capacidad para responder a la luz, asociado esto con una mejor habilidad cognitiva para integrar información. Los AG  $\omega$ -3 son esenciales para un crecimiento y desarrollo normal, ya que desempeñan un papel muy importante en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades (Connor, 1996).

### **2.2.2.3 Sobre el sistema cardiovascular**

Los AG  $\omega$ -3 tienen efectos antitrombóticos y antiarrítmicos, aumentan el tiempo de sangrado evitando la adherencia de plaquetas en las arterias, previene la aterosclerosis al reducir las concentraciones de colesterol total, el VLDL-C (lipoproteínas de muy baja densidad, por sus siglas en inglés) y los triglicéridos en plasma. Son útiles en pacientes hipertensos, ya que contribuyen a bajar la presión sanguínea (Simopoulos, 1999).

### **2.2.2.4 Sobre el sistema nervioso**

Los AG  $\omega$ -3 son esenciales para un adecuado desarrollo y funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso. Se concentran en la retina y la corteza cerebral, y tienen la capacidad de corregir

problemas visuales y cerebrales en pacientes con deficiencia demostrada. Muchos aspectos de ubicación, ansiedad, habilidad en el aprendizaje, memoria, se ven favorecidos con su consumo (Connor, 1996).

Son además, precursores de compuestos hormonales como los prostanoïdes (prostaglandinas y tromboxanos) que facilitan la transmisión de mensajes en el sistema nervioso central (Simopoulos, 1999).

Por otra parte, se sabe que dos terceras partes de los ácidos grasos de las membranas de los fotorreceptores de la retina son AG  $\omega$ -3, principalmente DHA (Connor, 1999).

#### **2.2.2.5 Otras enfermedades**

Los AG  $\omega$ -3 tienen un efecto benéfico para el control o prevención de algunas otras enfermedades como diabetes tipo 2, diferentes tipos de cáncer (de mama, próstata y colon), colitis ulcerativa, obstrucción pulmonar crónica, enfermedades renales, psoriasis, artritis reumatoide (Simopoulos, 1991; Harbige, 1998; Connor, 1999; Simopoulos, 1999).

#### **2.2.3 Fuentes de obtención de ácidos grasos omega -3 (AG $\omega$ -3)**

A excepción de las dietas del Mediterráneo y la de los esquimales de Alaska y Canadá, que obtienen los AG  $\omega$ -3 principalmente de los aceites de oliva, pescados y grasas de mamíferos marinos respectivamente, las fuentes de AG  $\omega$ -3 predominantes en la mayoría de las dietas son los aceites vegetales. Otros alimentos que contribuyen colectivamente en el aporte de estos ácidos a la dieta son algunos tipos de nueces y semillas, vegetales, yema de huevo, carne de pollo, rumiantes y cerdos (Ackman, 1992; Chow, 1992; Simopoulos, 1999; Dupont, 1999; Kris-Etherton, 2000).

Un aspecto importante es que los pescados son la mayor fuente de EPA y DHA, mientras que los aceites vegetales lo son del ácido  $\alpha$ -linolénico (ALA).

##### **2.2.3.1 Productos marinos**

Los PUFAs  $\omega$ -3 de origen marino se forman en el cloroplasto de las plantas marinas, microalgas que forman parte del fitoplancton o macroalgas, que son consumidas por los peces, los cuales concentran EPA y DHA como triacilglicéridos, principalmente en el tejido adiposo y en la grasa del músculo y vísceras (Uauy y Valenzuela, 1992).

La variación en el contenido de AG  $\omega$ -3 de los alimentos marinos depende de la especie de pescado, lugar, época de captura y del proceso industrial al que se someta. Así, la composición lipídica

es diferente en pescados provenientes de la acuicultura y de los de las pesquerías, debido a las diferencias en los nutrimentos de sus dietas (Dupont, 1999). En el aceite y el harina de pescados (fuentes importantes de EPA y DHA) el contenido final de AG  $\omega$ -3, está determinado por el proceso industrial a que se someten (Aubourg y col., 1996; Aro y col., 2000; Refsgaard y col., 2000).

El contenido de lípidos en las partes comestibles puede variar desde un poco menos de 0.5% hasta 25%. Desde este punto de vista, los animales marinos se pueden clasificar en cuatro grupos dependiendo de su contenido lipídico: magros (<2% grasa) como mariscos, bacalao; bajos en grasa (2-4%) como mero; medio grasos (4-8%) como salmón; y altos en grasa (>8%) como sardinas, anchoveta, arenque (Castro, 2002).

Algunos peces, especialmente aquellos de carne roja u oscura, son buenas fuentes de EPA y DHA, pero se requieren grandes cantidades para proporcionar una dosis efectiva de AG  $\omega$ -3. Uauy y Valenzuela (1992) indican que dosis de 3 - 6 g de EPA + DHA son seguros y efectivos en la mayoría de los usos clínicos.

### **2.2.3.2 Vegetales y semillas**

En los vegetales y semillas el tipo y contenido de lípidos y ácidos grasos está influenciado por las condiciones de producción, cultivo, madurez, época, prácticas culturales, procesos, empaque, almacenamiento, procesos analíticos y parte del vegetal analizado (Chow, 1992; Liu y Brown, 1996).

En el Líbano, Grecia, Islas Griegas y otras partes del Mediterráneo, el consumo de verdolaga (*Portulacaoleracea*) se ha asociado con una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares y cáncer. Esta planta es la única fuente vegetal terrestre que contiene los AG  $\omega$ -3 (ALA y EPA) (Simopoulos, 1986; Simopoulos, 1989).

Las semillas de chía son otra de las fuentes importantes de AG  $\omega$ -3 sobre todo debido a la estabilidad que los mismos presentan, por la presencia de antioxidantes naturales. Otra semilla que aporta beneficios a la salud gracias a sus componentes bio activos, tales como el magnesio, es la semilla de amaranto ya que logra relajar las paredes arteriales y venosas, fortaleciendo su función endotelial, lo cual reduce el riesgo de sufrir hipertensión arterial, isquemias y arritmias cardíacas. Además de que posee un alto contenido de escualeno, que actúa como precursor del colesterol bueno o HDL; además de ser una fuente importante de ácido linolénico (Fox y Cameron, 2002).

### 2.2.4 Ingesta recomendada de ácidos grasos omega-3 (AG $\omega$ -3)

Dado el papel tan importante que desempeñan los AG  $\omega$ -3 en la salud humana, se han dado recomendaciones para que el consumo total de ácidos grasos poliinsaturados cubra el 7% de la energía y no exceda del 10%. En cuanto al ALA se sugiere que su consumo sea de 2.2 g/día y que el de EPA y DHA combinado sea de 0.65 g/día, además de un consumo de ácido linoleico  $\omega$ -6 de 6.7 g/día (Simopoulos y col., 1999).

Otro tipo de recomendaciones se han dado con base en la proporción de AG  $\omega$ -6/ $\omega$ -3. La OMS recomienda una proporción de 10:1. Las recomendaciones suecas son de 5:1 y recientemente, Japón recomienda 4:1 a 2:1 (FAO/OMS, 1997; NCM, 1996).

El consumo de alimentos enriquecidos en PUFA  $\omega$ -3 parece ser una opción efectiva para incrementar la ingesta de éstos e incidir en la reducción de factores de riesgo de enfermedades, sustituyendo a los suplementos sin originar cambios en los hábitos alimentarios del consumidor (Carrero y col., 2005).

### 2.2.5 Productos enriquecidos con ácidos grasos omega-3 (AG $\omega$ -3)

La industria alimentaria fabrica alimentos que han sustituido ácidos grasos saturados o PUFA's  $\omega$ -6 por  $\omega$ -3, como leche y derivados, panes y embutidos.

Por otro lado, se ha observado que la mejor forma de aumentar el aporte de  $\omega$ -3 y de MUFA (ácidos grasos monoinsaturados, por sus siglas en inglés) en la dieta humana, es aumentar el contenido de ellos en los productos derivados de animales (Andersson y col., 2002).

En este sentido, con base en el conocimiento de los efectos de la dieta sobre la cantidad de AG  $\omega$ -3 en los productos derivados de animales, se han realizado diversas investigaciones incorporando en la dieta animal harinas, aceites de pescado (Delbecchi y col., 2001; Añorve, 2006) y semillas o sus aceites (Ashes y col., 1995; Jenkis y col., 1996; Noakes y col., 1996). Sin embargo, un inconveniente en la aplicación de esta tecnología es la tendencia de los ácidos grasos a biohidrogenarse o a oxidarse, produciendo esto último sabores desagradables (Kris-Etherton y col., 2000).

En las aves se ha observado que la suplementación con algas, harinas o aceites de pescado incrementan las concentraciones de EPA y DHA en los tejidos (como músculo y yema de huevo). Por otro lado, la adición de semillas de chía a la dieta de estos animales provoca una reducción en el contenido de ácidos grasos saturados de los productos obtenidos (hasta 30.6% en el caso de los huevos de aves).

La disminución es significativamente mayor que la que se encuentra cuando se suministran dietas que contienen productos marinos (pescado y algas) y semilla de linaza (Lewis y col., 2000).

Varios autores (Nitsan y col., 1999 y Lewis y col. 2000) enriquecieron las dietas de las aves con harinas de pescado, lino y DHA de algas y obtuvieron huevos (también conocidos como huevos griegos) con una baja relación  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 y elevadas concentraciones de EPA, ácido docosapentaenoico (DPA, C22:5- $\omega$ -3) y DHA. Su contenido total de AG  $\omega$ -3 fue de 17.87mg/g, mientras que un huevo comercial en los Estados Unidos tiene sólo 1.74mg/g (Simopoulos, 1989). En este mismo país, la compañía Eggländ'sBest, Inc. comercializa huevos de calidad premium bajo el nombre de Eggländ's Best. Estos huevos tienen 7 veces el nivel genérico de vitamina E, cerca de 3 veces más de ácidos grasos  $\omega$ -3 (DPA) y yodo, y 25% menos de grasa saturadas en comparación con un huevo regular. Estudios clínicos indicaron que la gente que consume 12 de estos huevos por semana, como parte de una dieta baja en grasa, no incrementa su nivel de colesterol (Lewis y col., 2000; Michella y Slauch, 2000).

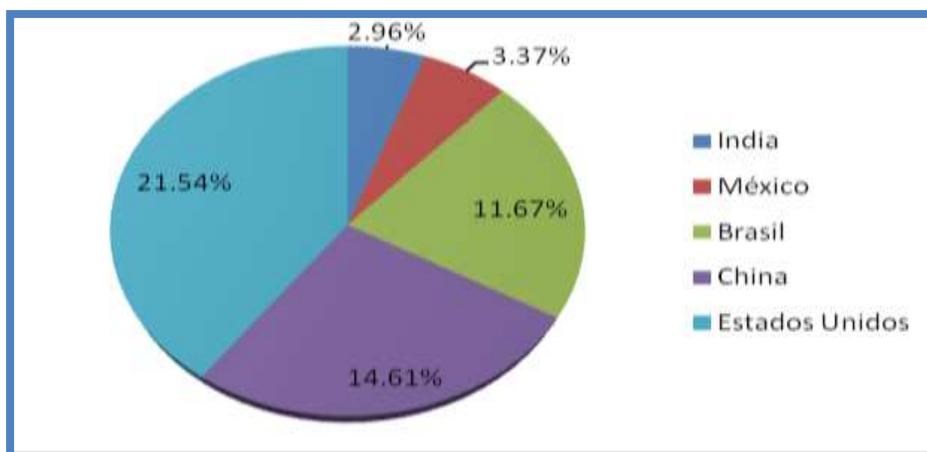
## 2.3 GALLINAS PONEDORAS

Desde el punto de vista de su tamaño y función las aves de postura o ponedoras son clasificadas como **gallinas ligeras o livianas** y 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. Su dieta se basa principalmente en alimentos balanceados, en la que se incluyen granos como el maíz y el sorgo, pastas de soya, vitaminas y minerales, entre otros (Quintana, 1991).

### 2.3.1 Producción de carne de pollo

#### 2.3.1.1 Producción mundial

Anualmente se producen 74.29 millones de toneladas de carne de pollo, las cuales están distribuidas en 204 países, según estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Los principales productores de pollo son los países desarrollados o en vía de desarrollo y los que registran mayor población, como: los Estados Unidos de América con una producción de 16 millones de toneladas (ton), seguido de China con 10.86 millones de ton, Brasil con 8.67 millones de ton, México ocupa el cuarto lugar con 2.5 millones de ton y por último, India con 2.2 millones de ton (gráfico 1).



**Gráfico 1. Principales países productores de pollo en 2007**

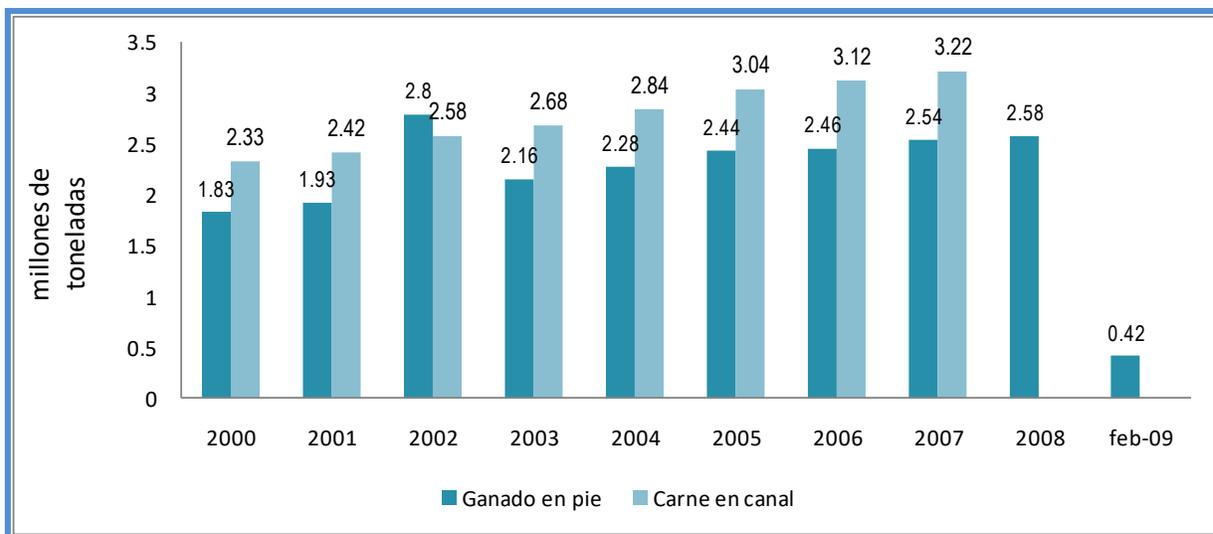
Fuente: Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial de la carne de pollo en México (SAGARPA, 2009)

### 2.3.1.2 Producción nacional

A nivel nacional, la producción total de aves vivas (ganado en pie) y de carne en canal ha mostrado un crecimiento sostenido desde el año 2000. En 2007, la producción de ganado en pie fue de 3, 218,688 ton, lo que representó un incremento del 3.01% respecto al año anterior y del 4.67% en promedio anual desde el 2000 (gráfico 2).

Por su parte, en 2008, la producción de carne en canal de ave fue de 2, 581,540 ton, lo que representa un incremento del 1.54% respecto a 2007. El avance mensual, al mes de febrero de 2009 mostró una producción 420,784 ton.

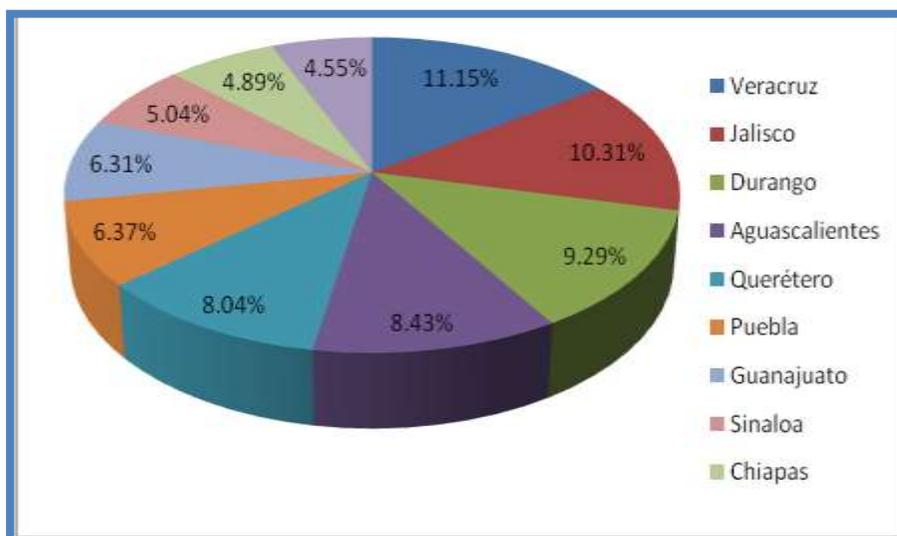
En el gráfico 3, se muestran los principales estados productores de carne de ave (pollo y gallina en canal) durante 2008. Veracruz, con una producción de 287,813 ton, se ubica como el máximo productor, seguido de Jalisco (266,042 ton), Durango (239,794 ton), Aguascalientes (217,619 ton), Querétaro (207,619 ton), Puebla (164,406 ton), Guanajuato (162,946 ton), Sinaloa (130,061 ton), Chiapas (126,171 ton), Yucatán (117,331 ton) y el resto de los estados suman una producción total de 661,712 toneladas.



**Gráfico 2. Producción de carne de pollo en México 2000-2008 (millones de toneladas)**

Fuente: Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial de la carne de pollo en México (SAGARPA, 2009)

También en el caso de pollo en pie, Veracruz se erige como el principal productor con 350,611 toneladas, lo que representa el 10.89% de la producción nacional, seguido de Jalisco (332,937), Durango (287,075), Querétaro (263,175), Aguascalientes (249,133), Puebla (201,577), Guanajuato (200,985), Sinaloa (174,134), Estado de México (163,427), Chiapas (153,748), y el resto del país con 841,883 toneladas.

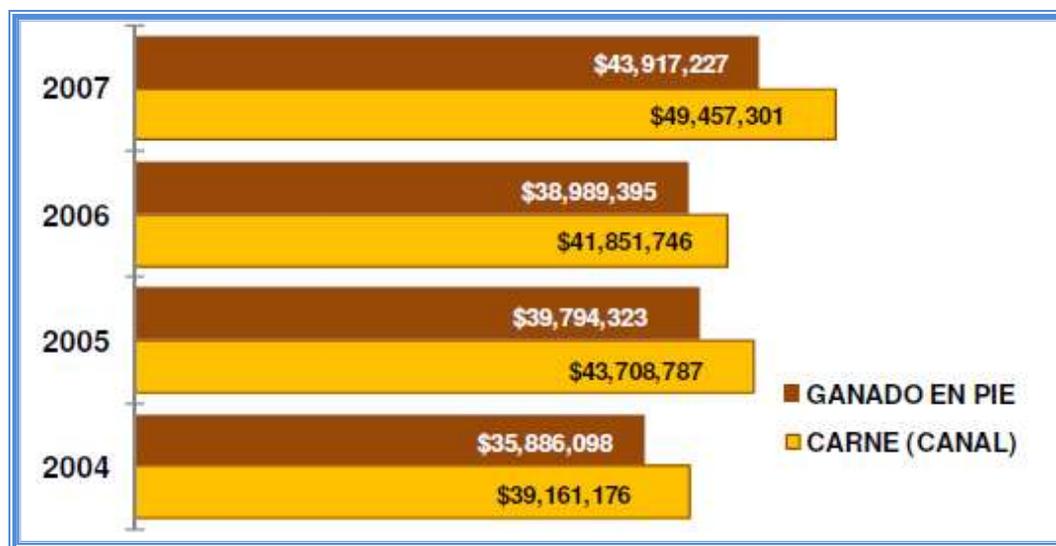


**Gráfico 3. Principales Estados Productores de pollo en México en 2008**

Fuente: Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial de la carne de pollo en México (SAGARPA, 2009).

### 2.3.1.3 Valor de la producción

Entre los años 2003 y 2007, el valor de la producción en la carne de pollo en canal ha mantenido un crecimiento anual promedio de 11.3%, el mayor incremento se presentó en 2004, siendo de 19.52%. Esta misma tendencia se observó para el ganado en pie (10.10%). Tanto para la producción de carne de pollo en canal como en pie, en el año 2006 se registró una caída en los niveles de producción de -4.3% y de -2.02%, respectivamente (gráfico 4).



**Gráfico 4. Valor de la producción nacional 2004-2007 (pesos)**

Fuente: Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial de la carne de pollo en México (SAGARPA, 2009).

### 2.3.1.4 Consumo

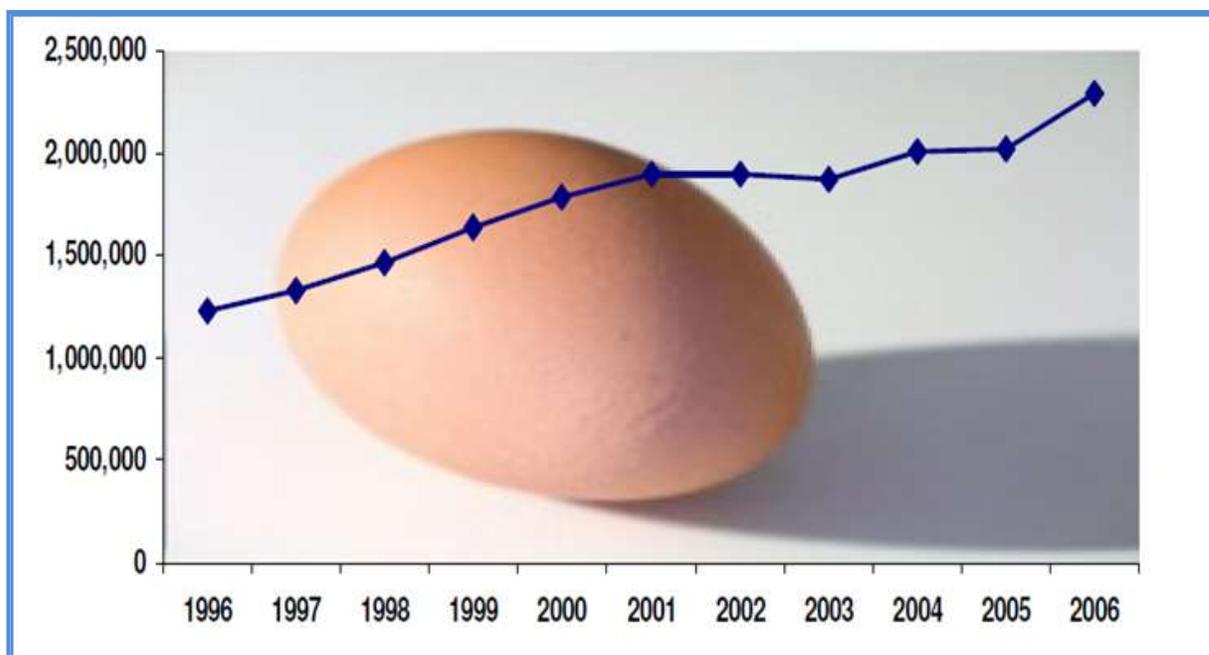
Desde el año 2004 hasta el 2008, México ha mantenido un crecimiento promedio anual de 3.73% en el consumo de carne de pollo. La producción nacional abastece el 86% de la demanda de carne de pollo, mientras que el resto (13.80%) se hace a través de las importaciones. Se estima que para el término del 2009 el consumo de carne en México tenga un crecimiento marginal del 0.37% respecto a 2008 (SAGARPA, 2009).

## 2.4 HUEVO

El huevo es el producto de la ovulación de la gallina (*Gallusdomesticus spp.*) y otras especies de aves que sean aceptadas para consumo humano (NOM-159-SSA1-1996).

### 2.4.1 Producción nacional

La producción de huevo en México ha tenido una tendencia al alza. En los años 2004-2005 según el estudio realizado por el Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la producción sólo tuvo un crecimiento del 1%; sin embargo, en el año 2006, produjo 1,054 miles de ton más que en el año de 1996 (gráfico 5).



**Gráfico 5. Producción nacional de huevo (1996-2006 en toneladas)**

Fuente: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)

Los principales estados productores de huevo son: Jalisco, Puebla, Sonora, La laguna, Nuevo León, Sinaloa, Yucatán y Guanajuato, que en su conjunto tienen el 96 % de la producción, dejando al resto del país con el 4 % (Unión Nacional de Avicultores, 2008).

### 2.4.2 Estacionalidad de la producción de huevo

Anteriormente la producción de huevo era menor en época de invierno que en primavera, debido a que en período de frío oscurece más rápido y las gallinas no pueden ver e ir por su alimento además de que la temperatura es baja. Esto ha sido solventado proporcionando condiciones muy parecidas a la época de primavera con alumbramiento artificial y una temperatura moderada; este mecanismo de trabajo ha tenido buenos resultados ya que en la actualidad la producción de huevo para plato es constante y por tanto los precios no se ven afectados (SAGARPA, 2006).

### 2.4.3 Valor de la producción

La producción nacional de huevo para consumo humano representó en términos monetarios un promedio de 14,257 millones de pesos en el periodo de 1996-2006. En 2005 el valor de la producción decreció -14%, con relación al año 2004, debido por un lado, a que en los estados que participan con una mayor producción disminuyeron su obtención, como fue el caso de Sonora, Nuevo León y Guanajuato, y por otro lado, a que como se mencionó anteriormente el precio medio al productor decreció. Sin embargo, el crecimiento dado en el periodo señalado, duplicó la cantidad obtenida en 1996; a principios del periodo, el valor de la producción registró 9,343 millones de pesos y para el 2006, fueron 20,162 millones de pesos (SIAP).

## 2.5 ANÁLISIS SENSORIAL

La evaluación sensorial es un sistema de metrología que utiliza a los sentidos como instrumento de medición. Es el estudio sistemático de las respuestas de los humanos a las propiedades físicas y químicas de alimentos y bebidas (Villanueva, 2003).

Otras y distintas son las definiciones de análisis sensorial según procedan de la literatura técnica o de las normas. El *Institute of Food Technologists –IFT* (1975) la define como “una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de los alimentos que se perciben por los sentidos de la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto”.

La Organización Internacional de Normalización (ISO, 1981), en su proyecto de norma internacional ISO/DIS 5568, la define como “el examen de las propiedades organolépticas de un producto realizable por los órganos de los sentidos”.

El objetivo general de la Evaluación Sensorial es explorar las características físicas y químicas de alimentos y bebidas por medio de los sentidos para:

- Conocer y evaluar la *magnitud, tipo y duración* de sensación que estas características producen en los consumidores antes de que éste decida si le agrada o no el producto.
- Conocer y evaluar el efecto que el conjunto de características físicas y químicas propias del alimento o bebida tiene sobre la *aceptación y preferencia* de un producto (Villanueva, 20003).

### 2.5.1 Usos y aplicaciones de la evaluación sensorial

Los principales usos de la evaluación sensorial son en control de calidad, desarrollo de nuevos productos e investigación. Éstos no sólo encuentran aplicaciones en la caracterización y evaluación de alimentos y bebidas, sino también en otros campos tales como olores ambientales, productos de higiene personal, diagnóstico de enfermedades, pruebas de químicos puros, entre otras. La función principal de la evaluación sensorial es conducir pruebas válidas y confiables, que provean datos que permitan tomar decisiones correctas (Meilgaard y col., 1999).

La identificación y cuantificación de sensaciones y la evaluación de la aceptación y preferencia permite evaluar la calidad de un producto en función del consumidor más que en función de datos fisicoquímicos sin relación con la apreciación de quien lo va a consumir. De esta manera, una vez que se ha identificado el perfil o las características sensoriales del producto, es posible medir el impacto que, sobre esas características pueden tener, desde la materia prima, hasta las condiciones de almacenamiento, el empaque e incluso el diseño del envase y la etiqueta, pasando por los ingredientes, equipo y condiciones de proceso.

Si los rangos de calidad de un alimento o bebida se definen por la correlación de propiedades físicas y químicas con las características percibidas sensorialmente, se puede confiar que el producto estará muy cerca o cumplirá con las expectativas del consumidor (Torre, 1999).

### 2.5.2 Pruebas analíticas

Con relación a las pruebas sensoriales, existen diversas formas de clasificarlas. Espinosa (2007) las divide en dos grupos: pruebas afectivas (realizadas con consumidores habituales o potenciales del producto analizado) y pruebas analíticas, las cuales se realizan en condiciones controladas de laboratorio y con jueces que han sido seleccionados y entrenados previamente.

Las pruebas analíticas se subdividen en pruebas discriminatorias, escalares y descriptivas (figura 3).

- Las pruebas discriminatorias permiten comparar dos o más productos, e incluso estimar el tamaño de la diferencia. De manera general son sencillas y de gran utilidad práctica
- Las pruebas escalares son aquellas en las cuales se mide de manera cuantitativa la intensidad de una propiedad sensorial con la ayuda de una escala (Espinosa, 2007).
- Las pruebas descriptivas son, de manera general, más complejas, mediante las mismas los jueces establecen los descriptores que definen las diferentes características sensoriales de un

producto y utilizan dichos descriptores para cuantificar las diferencias existentes entre varios productos (Anzaldúa-Morales, 1994).

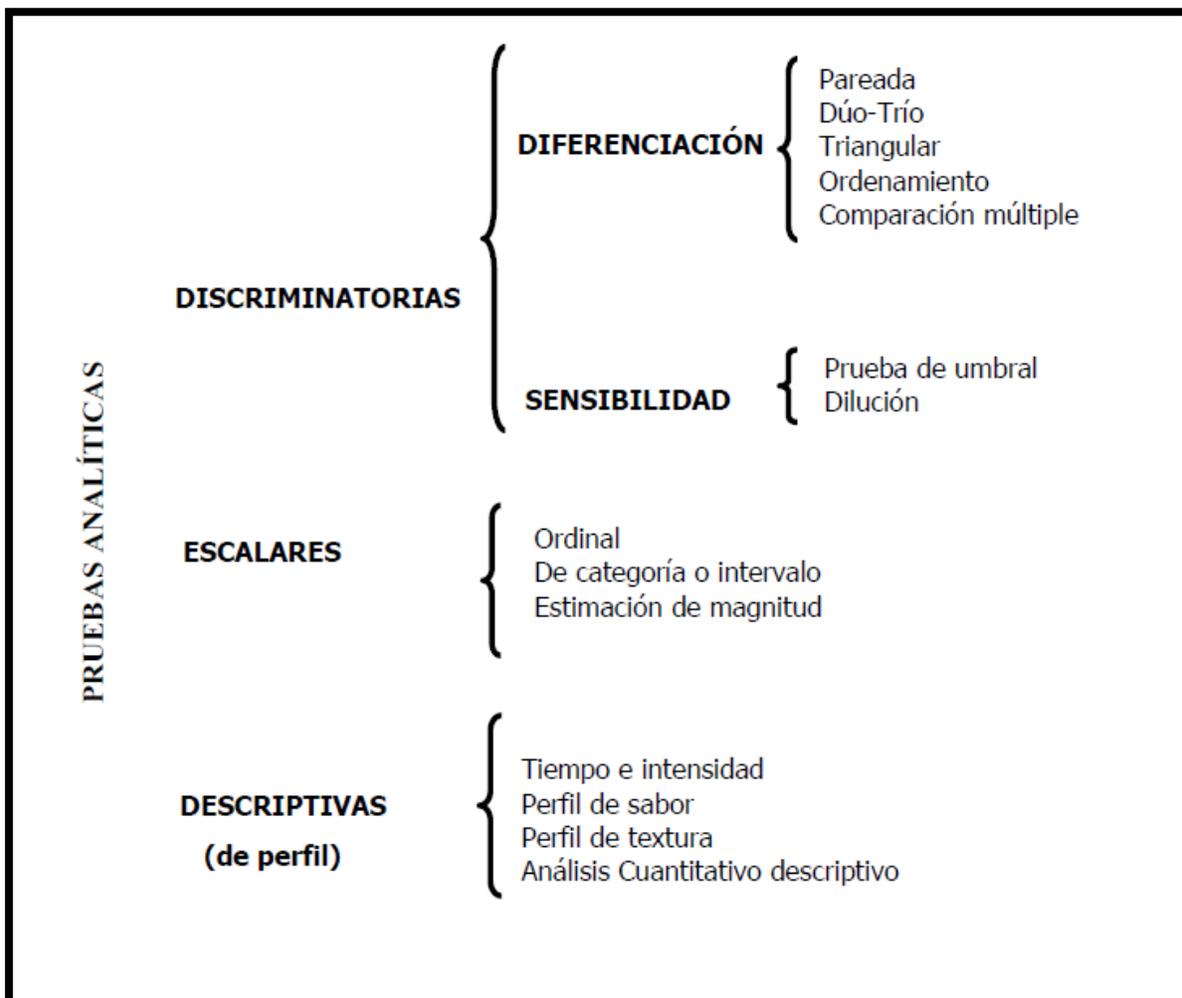


Figura 3. Clasificación de las pruebas analíticas utilizadas en la evaluación sensorial (Espinosa, 2007)

**Justificación**

### 3. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años se ha acentuado un interés de los consumidores hacia alimentos, que además del valor nutritivo, aporten beneficios al organismo. Tal es el caso de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA's), que se encuentran presentes en aceites vegetales (de maíz, girasol, soya, colza y lino), amaranto y principalmente en especies marinas (bacalao, caballa, foca, salmón, entre otros). Es en estos últimos alimentos en donde se concentran AG  $\omega$ -3 como el ácido eicosapentaenoico (EPA), el ácido docosahexaenoico (DHA) y en menor proporción al ácido docosapentanoico (DPA); estos no son sintetizados por el organismo por lo que es necesario su aporte diario a través de la dieta.

El consumo de estos ácidos grasos, de acuerdo a diversos estudios, ha sido asociado a prevención de enfermedades como aterosclerosis, trombosis, hipertriacilglucidemia, hipertensión, y tiene un efecto positivo en el tratamiento de asma, artritis, migraña, psoriasis, nefritis, así como en el cáncer de mama, próstata y colon. Sin embargo, a nivel nacional hay un bajo consumo de productos marinos atribuido principalmente al elevado costo de estos, lo que los hace poco accesibles a la población.

Una alternativa para el consumo de PUFAS, son productos accesibles a estos sectores como el huevo y la carne de gallina enriquecidos con AG  $\omega$ -3, mediante la suplementación de estos en la dieta de las aves. Es por esto que en este trabajo se estudió el efecto de la suplementación con aceite de hígado de bacalao en la dieta de gallinas ponedoras sobre los parámetros de crecimiento, la composición química y de ácidos grasos sin que fueran alteradas las características organolépticas que dichos productos presentan; a fin de obtener un alimento funcional.

# Objetivos

Para investigar la verdad es preciso dudar, siempre que sea posible, de todas las cosas,  
una vez en la vida.

*René Descartes*

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 GENERAL

Obtener carne y huevo enriquecidos con ácidos grasos omega-3, sin cambios desfavorables en las propiedades sensoriales, mediante la suplementación de aceite de hígado de bacalao en la dieta de gallinas ponedoras.

### 4.2 ESPECÍFICOS

1. Evaluar el efecto del aceite de hígado de bacalao sobre los parámetros productivos de gallinas “ponedoras”.
2. Analizar el efecto de la suplementación con aceite de hígado de bacalao sobre la composición de ácidos grasos de la carne (pierna, pechuga y muslo) de gallinas “ponedoras”.
3. Evaluar la influencia de la suplementación con aceite de hígado de bacalao en el contenido de proteína y grasa total en la carne (pierna, pechuga y muslo) de gallinas ponedoras.
4. Determinar el efecto de la suplementación con aceite de hígado de bacalao en el contenido de proteína, grasa, colesterol y composición de ácidos grasos en huevos de gallinas “ponedoras”.
5. Conocer el efecto de la suplementación con aceite de hígado de bacalao en la dieta de gallinas “ponedoras” sobre las propiedades sensoriales de la carne y huevo obtenidos.

# Metodología experimental

El genio empieza las obras grandes, pero sólo el trabajo las acaba.

*Joseph Joubert*

## 5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### 5.1 Diseño de grupos experimentales

Se utilizaron 60 gallinas, de 15 días de edad, separadas aleatoriamente en 4 grupos de 15 animales. Las gallinas fueron alimentadas con las diferentes dietas (tabla 2). Para las dietas D2 y D3, en las primeras 3 semanas de experimentación se empleó alimento comercial para crecimiento (Polla crecimiento SC®), de la semana 4-6 alimento para engorda (Polla para engorda SC®) y finalmente alimento para postura (Polla desarrollo SC®).

En el caso de las dietas D3 y D4, la suplementación con aceite de hígado de bacalao fue iniciada en la semana 4; la dosis diaria fue incrementándose de 0.0349 hasta 0.1047 g de aceite por gallina, correspondientes a 1 y 3 gotas de aceite, respectivamente; esta dosis fue aumentando de acuerdo al peso ganado. El aceite fue suministrado con una jeringa de 3 mL colocándolo directamente en el pico de la gallina. Todas las aves de cada grupo eran pesadas cada tercer día empleando una balanza digital (SalterBrecknel®) el peso total se dividía entre el número de gallinas para sacar el peso promedio por ave. La diferencia en peso era calculada restando al peso de cada día el inmediato anterior. El alimento y el agua consumidos fueron registrados diariamente para comparar el efecto de la suplementación en los parámetros evolutivos de las gallinas (obtención de carne y huevo); además de proporcionar un análisis económico aproximado del costo de la suplementación (anexo 1). El tiempo total del experimento fue de 42 semanas.

**Tabla 2. Composición de las dietas utilizadas en la experimentación**

<b>Dieta</b>	<b>Composición</b>
<b>D1</b>	Maíz quebrado
<b>D2</b>	Alimento comercial
<b>D3</b>	Alimento comercial suplementado con aceite de hígado de bacalao a cada gallina
<b>D4</b>	Maíz quebrado suplementado con aceite de hígado de bacalao a cada gallina

### 5.2 Obtención de las muestras de carne

Para corroborar la incorporación de los ácidos grasos desde la suplementación a la carne se sacrificaron a los 120 días de experimentación 5 gallinas de cada grupo de acuerdo a lo establecido en la norma NOM-033-ZOO-1995.

Para ello se realizó con ayuda de un cuchillo un corte en la cabeza para separarla del cuerpo, después de terminado el desangrado, las gallinas fueron sometidas a un proceso de escaldado por aproximadamente 4 minutos a fin de retirarles el plumaje; posteriormente se procedió a retirar las extremidades.

Una vez terminado lo anterior se realizó un corte transversal para retirar las vísceras; posteriormente las aves fueron despiezadas, la pierna, el muslo y la pechuga libres de piel, grasa subcutánea y hueso fueron homogenizadas y almacenadas a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  en bolsas de plástico.

### 5.3 Obtención de muestras de huevo

La producción de huevos fue pesada diariamente, una vez obtenido varias muestras por grupo, se tomaron aleatoriamente 20 huevos de cada uno, los cuales fueron homogenizados por 1 minuto en una licuadora, para realizar los diferentes análisis.

## 5.4 Caracterización química

### 5.4.1 Humedad

**Fundamento.** La humedad es el material que se volatiliza de las muestras bajo condiciones de temperatura de  $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

**Procedimiento.** En charolas de aluminio a peso constante se colocaron de 2 a 3 g de muestra (pierna, muslo y pechuga homogenizados y/o huevo) y posteriormente se llevaron a peso constante en una estufa (Felisa®) a  $105 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , considerándose esto cuando la muestra al ser pesada en la balanza analítica (Ohaus®) sólo presentó variación en la cuarta cifra decimal.

**Cálculos.** El porcentaje de humedad se calculó con la ecuación 1:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_i - P_f}{m} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

$P_i$  = Peso de la charola con muestra antes del secado (g)

$P_f$  = Peso de la charola con muestra después del secado (g)

$m$  = Peso de la muestra fresca (g)

## 5.4.2 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.** En crisoles a peso constante se colocaron de 2 a 3 g de muestra (carne y/o huevo) y se incineraron en parrilla de calentamiento hasta que la muestra ya no desprendió más humo. Posteriormente se colocaron en una mufla (Fisher Scientific) a 550 °C hasta obtener un color homogéneo de las cenizas y un peso constante del crisol.

**Cálculos.** El porcentaje de cenizas se calculó mediante la ecuación 2:

$$\% \text{Cenizas} = \frac{P_f - P_o}{m} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

$P_f$  = Peso del crisol con la muestra después de incinerada (g)

$P_o$  = Peso del crisol a peso constante (g)

$m$  = Peso de la muestra fresca (g)

## 5.4.3 Grasa

### 5.4.3.1 Grasa total

**Fundamento.** La cantidad de grasa cruda de una muestra se determina al someter una muestra a reflujo con éter. La fracción extraída, llamada también extracto etéreo, puede tener uno o varios de los siguientes grupos funcionales: ácidos grasos, ésteres, vitaminas liposolubles, aceites esenciales y carotenoides.

**Procedimiento.** Se colocaron de 3 a 5 g de muestra (tejido libre de humedad y/o huevo para este último se utilizó arena como soporte a fin de evitar pérdidas de la muestra) en un cartucho de celulosa, se taparon con algodón y se introdujeron en el compartimiento de extracción de un equipo Soxhlet.

Por otro lado se colocó un matraz balón (previamente puesto a peso constante) en una parrilla de calentamiento, se le adicionó 150 mL de éter etílico. A continuación se procedió a un calentamiento moderado, hasta la extracción total de la grasa (aproximadamente 8 horas), regulando que el reflujo fuera

gota a gota y constante. Una vez completa la extracción, la mayor parte del solvente se recuperó con un rotavapor y el resto se eliminó colocando el matraz en una estufa (Felisa®) a 65 °C hasta peso constante.

**Cálculos.** El porcentaje de grasa cruda se calculó con la ecuación 3:

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{P_f - P_0}{m} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

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

$P_0$  = Peso constante del matraz antes de la determinación (g)

$m$  = Peso de la muestra fresca referido al peso original (g)

#### 5.4.3.2 Identificación de ácidos grasos en carne y yema de huevo

##### 5.4.3.2.1 Extracción de lípidos totales

Los ácidos grasos fueron extraídos colocando en refrigeración durante 48 horas tubos de ensaye con 5 g de tejido (o 5 g de yema) y 10 mL de cloroformo-metanol (2:1). Transcurrido ese tiempo los tubos se sometieron a centrifugación durante 10 minutos a 4000 rpm. De cada tubo se tomaron alícuotas de 500  $\mu$ L de la fase líquida y se transfirieron a tubos para metilación (Añorve, 2006).

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

A los tubos con los lípidos totales concentrados se les aplicó una transesterificación ácida (Metcalf y Schmitz, 1961). Se les adicionó 1 mL de  $\text{BF}_3 \cdot \text{MeOH}$  (12,5:100; v/v, Merck®) y fueron calentados en un baño termostatzado (BoekelGrant®) a 100 °C durante 10 min.

En seguida se les aplicaron dos lavados para obtener los MEAG. A los “tubos para metilación” se añadieron 1 mL de Hexano y 1 mL de agua (tipo MilliQ) saturada de hexano. Se agitaron vigorosamente con un Vortex® durante 10 min posteriormente se centrifugaron durante 10 min a 4000 rpm y se obtuvieron dos fases, la inferior (acuosa) que extrajo las impurezas solubles en agua se eliminó, en tanto que la superior (orgánica) que contenía los MEAG se sometió a un segundo lavado únicamente con 2 mL de agua MilliQ saturada de hexano.

A continuación se retiró de nuevo la fase inferior (se aplicó el procedimiento antes descrito) y se mantuvieron los tubos de metilación durante 4 h, en congelación. De esta forma los restos de agua se congelaron.

La fase orgánica con los MEAG se transvasó a un vial de inyección de 1 mL con fondo en pico y se concentró con flujo de Nitrógeno (N<sub>2</sub>) para evitar oxidaciones de los MEAG. Se le adicionaron 0.5 mL de diclorometano (Cl<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>) para redissolver los MEAG y se inyectó 1 µL en un cromatógrafo de gases para identificar y cuantificar los ácidos grasos presentes.

#### **5.4.3.2.3 Identificación y cuantificación de los metil ester de ácidos grasos (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), se empleó una columna capilar polar (SP<sup>TM</sup> -2560 75 m X 0.18 mm de d.i. X 0.14 µm de epf, de Supelco<sup>TM</sup>). La inyección se realizó en el modo splitless. Se emplearon para el horno las condiciones de temperatura mostradas en el gráfico 6. Las temperaturas del inyector y el detector fueron 230 °C y 250 °C respectivamente. Se utilizó hidrógeno como gas portador a un flujo de 1 mL/min<sup>-1</sup>; con un tiempo de corrida de 53 minutos.

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 (FAMEMix C4-C24, Supelco®) inyectados previamente bajo las mismas condiciones que la muestra (anexo 2).

Para llevar a cabo la cuantificación de los MEAG se prepararon estándares en el intervalo de 0.04 a 0.06 mg/mL (considerando el porcentaje de cada uno de los MEAG presentes en el estándar comercial), analizándose de la misma forma que las muestras. La cuantificación se realizó por interpolación en la curva de calibración por cada MEAG.

La curva de calibrado sigue un comportamiento lineal con respecto a la [MEAG] vs Área de pico, por lo que la expresión para realizar los cálculos es:

$$A = a \times [MEAG] + b \quad (4)$$

Donde:

A= Área de pico correspondiente a cada MEAG

a= pendiente

[MEAG]= concentración de cada MEAG

b= ordenada al origen.

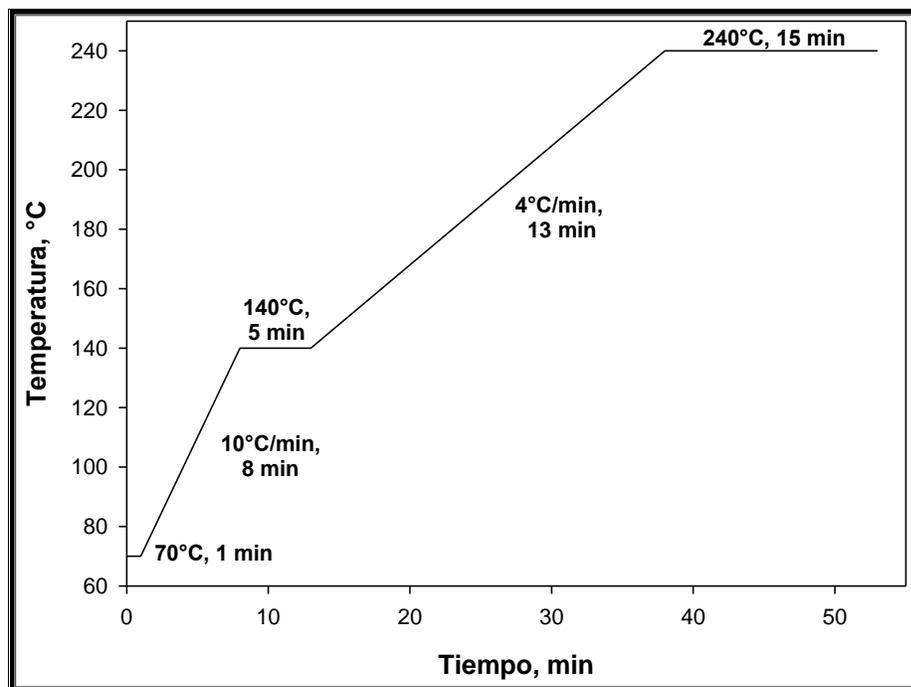


Gráfico 6. Rampa de temperatura utilizada en el análisis de ácidos grasos por GC

#### 5.4.3.3 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 producto de oxidación de color verde que resulta de la mezcla de dos compuestos: uno de color azul y otro amarillo y que se cuantifican a 640 nm.

**Procedimiento.** Se colocaron 5 g de yema de huevo en un tubo de ensaye con tapón de rosca y se adicionaron 10 mL de cloroformo: metanol (2:1 v/v). Se homogeneizó en Vortex® por alrededor de 20 minutos y posteriormente se filtró.

Al filtrado se adicionaron 5 mL de KCl 0.1 M y se agitó en el Vortex® durante 5 min. Se dejó reposar durante 15 min para separar las dos fases. Se eliminó la fase superior en tanto que de la inferior

(orgánica) se preparó la muestra problema (tabla 3) para determinar el contenido de colesterol con la ayuda de los estándares.

**Tabla 3. Preparación de estándares y muestra para determinación de colesterol**

<b>Tubo</b>	<b>Blanco</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Muestra</b>
Estándar de colesterol (mL) 80 µg/mL Sigma-Aldrich® C-8503	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	<b>0.00</b>
Cloroformo (J.T. Baker®) (mL)	1.25	1.00	0.75	0.50	0.25	0.00	<b>1.25</b>
Extracto de lípido (µL)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>5.00</b>
Anhídrido acético (Baker®) (mL)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	<b>0.40</b>
<b>AGITACIÓN</b>							
Ácido sulfúrico concentrado (J.T.Baker®) (µL)	50	50	50	50	50	50	<b>50</b>

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, se construyó una recta de calibrado, para utilizarla en la cuantificación, la cual se realizó por interpolación en la misma.

La curva de calibrado sigue un comportamiento lineal con respecto a la [colesterol] vs Absorbancia a 640 nm. La expresión para realizar los cálculos fue:

$$A = a \times [\text{colesterol}] + b \quad (5)$$

Donde:

A= Absorbancia a 640 nm

a= pendiente

[colesterol]= concentración de colesterol

b= ordenada al origen.

## 5.4.4 Proteína

### 5.4.4.1 Proteína en carne (método Kjeldahl)

**Fundamento.** En el método Kjeldahl, la materia orgánica es oxidada produciendo dióxido de carbono, agua y nitrógeno, el cual forma una sal de amonio con los iones sulfato. La destilación de este amonio en forma de amoniaco se consigue en un medio fuertemente alcalino con sosa (NaOH) y el amonio es titulado con ácido clorhídrico. Con los datos de la reacción se puede calcular el porcentaje de nitrógeno contenido en la muestra, que multiplicado por un factor conocido permite determinar el porcentaje de proteína correspondiente.

### Reactivos

- Mezcla digestiva. Se preparó con 3 g de sulfato de cobre pentahidratado (el cobre actúa como catalizador) en 20 mL de agua destilada, 50 mL de ácido fosfórico y 430 mL de ácido sulfúrico concentrado.
- Solución indicadora. Fue preparada con 5 g de ácido bórico disueltos en agua destilada, 35 mL del indicador A (100 mg de fenolftaleína aforados a 100 mL con alcohol etílico) y 10 mL del indicador B (33 mg de verde de bromocresol + 66 mg de rojo de metilo aforados a 100 mL con alcohol etílico). La mezcla se ajustó a un color café rojizo con ácido o álcali según se requirió y se aforó a 1 L con agua destilada.

### Procedimiento

**Digestión:** en un tubo de digestión Kjeldahl se colocaron 70 mg de tejido, 0.5 g de sulfato de potasio (para aumentar la ebullición) y 3 mL de mezcla digestiva. El tubo se colocó en el digestor (Modelo Din 08 Marca Ven) durante 15 min a 370°C. Posteriormente se enfrió y se le adicionó 1.5 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30%, se volvió a colocar en el digestor a 370 °C, manteniéndose así hasta el final de la digestión (cuando su contenido se observó completamente translúcido, sin partículas negras en suspensión, que indican materia orgánica no digerida). A la par, se corrieron blancos preparados de la misma forma pero sustituyendo la muestra por sacarosa (J.T. Baker®)

**Destilación.** La muestra digerida se sometió a destilación. El destilador automático (Gerhardt® Modelo Vapodest 20) se programó para que adicionara al contenido del tubo 60 mL de NaOH al 50%, con un tiempo de destilación de 6 minutos al 60% de potencia de vapor. El destilado se recolectó en un matraz Erlenmeyer conteniendo 50 mL de solución indicadora.

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

**Cálculos.** El porcentaje de proteína se calculó mediante las ecuaciones 4 y 5:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(P - B) \times N \times meq \times 100}{m} \quad (6)$$

$$\% \text{ Proteína} = \% N \times F \quad (7)$$

Donde:

P = Volumen gastado en la titulación de la muestra (mL)

B = Volumen gastado en la titulación del blanco (mL)

N = Normalidad del HCl

meq = Miliequivalentes de nitrógeno (0.014)

m = Peso de la muestra (g)

F = Factor de conversión (6.23)

#### 5.4.4.2 Proteína en huevo (método Bradford)

El contenido de proteína se determinó por el método de Bradford.

**Fundamento.** Se emplea un colorante hidrófobo (azul Coomassie) cuyas disoluciones acuosas en presencia de ácido fosfórico tienen un color pardo y que, al encontrarse en el entorno hidrófobo del interior de una proteína, origina un color azul intenso que puede medirse fácilmente.

**Procedimiento.** Se preparó una solución estándar de seroalbúmina bovina [BSA (marca Sigma-Aldrich®)]; para ello se disolvieron 100 mg de BSA en 100 mL de agua destilada y se conservó a 4 °C antes de ser utilizada.

A partir de la solución estándar se obtuvieron las diluciones que se indican en la tabla 4, se incubaron a temperatura ambiente durante 10 minutos y se leyeron en un espectrofotómetro a 595 nm antes de que transcurrieran 25 minutos desde su preparación.

Para determinar la concentración de proteínas se pesaron 100 mg de huevo y se aforaron a 10 mL con agua destilada. De esta solución se tomó una alícuota de 70 µL agregando 30 µL de agua destilada y 1 mL del reactivo de Bradford. Esta solución se mantuvo en reposo durante 10 minutos a

temperatura ambiente, con la finalidad de que desarrollara el color correspondiente y se leyó la absorbancia a 595 nm antes de que transcurrieran 20 minutos desde su preparación.

Realizadas las lecturas para cada uno de los estándares de proteína, se construyó una recta de calibrado, la cual se utilizó para la cuantificación de la misma, realizando una interpolación a la recta.

La curva de calibrado sigue un comportamiento lineal con respecto a la [proteína] vs Absorbancia a 595 nm. La expresión para realizar los cálculos fue:

$$A = a \times [\text{proteína}] + b \quad (8)$$

Donde:

A= Absorbancia a 595 nm

a= pendiente

[proteína]= concentración de proteína

b= ordenada al origen.

Tabla 4. Preparación de estándares para determinación de proteína por el método Bradford

<i>Muestra</i>	<i>Agua (μL)</i>	<i>BSA (μL)</i>	<i>Reactivo Bradford (mL)</i>
<b>Blanco</b>	100	-----	1
<b>S1</b>	98	2	1
<b>S2</b>	95	5	1
<b>S3</b>	93	7	1
<b>S4</b>	90	10	1
<b>S5</b>	85	15	1
<b>S6</b>	80	20	1

## 5.5 Análisis sensorial en carne, huevo y agua de cocción (prueba triangular)

Las pruebas sensoriales se realizaron en las cabinas sensoriales del laboratorio de Análisis Sensorial del edificio de Química en Alimentos de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

### Fundamento

La prueba triangular es una prueba de diferenciación en la que se presentan tres muestras, dos de las cuales son iguales, con el fin de que el juez identifique cuál es la muestra distinta (UNE 87006, 1992).

### **Jueces**

El panel estaba conformado por 16 jueces (3 hombres, 13 mujeres), de edades comprendidas entre 22 y 24 años, estudiantes de la Lic. de Química en Alimentos los cuales habían recibido formación teórico y práctica sobre análisis sensorial durante 3 meses por lo que se consideraron semientrenados (Anzaldúa-Morales, 1994).

### **Muestras y preparación de las mismas**

Se evaluaron muestras de carne (pierna, muslo y pechuga), agua de cocción y huevo. La carne fue sometida a un proceso de cocción con agua, sin la adición de condimentos (cebolla, ajo o sal), durante 30 minutos. El agua de cocción fue separada de la carne y se reservó para su análisis posterior. Una vez cocida la carne, se le retiró la piel y se procedió a cortarla en cubos de aproximadamente 2 cm<sup>2</sup>.

Al igual que la carne, el huevo fue sometido a un proceso de cocción sin la adición de sal por aproximadamente 12 minutos. Una vez cocidos, se procedió a retirar el cascarón para cortar el huevo en 4 porciones de tamaño y forma similar.

#### **5.5.1 Procedimiento**

Se preparó un número igual de juegos (de tres muestras cada uno), de acuerdo con las seis posibilidades de presentación existente: ABB, AAB, ABA, BAA, BBA, ABA, donde la muestra A correspondía a los controles y la muestra B a los productos obtenidos de las aves alimentadas con dietas suplementadas.

Los juegos de muestras fueron preparados y presentados de manera idéntica, en recipientes y utensilios marcados con claves (número de tres cifras elegidos al azar) y bajo las mismas condiciones de temperatura. Una vez preparados se repartieron al azar entre los participantes, de manera que algunos recibieron indistintamente juegos conteniendo dos muestras A y una muestra B, mientras que otros recibieron dos muestras B y una muestra A.

Los jueces evaluaron las muestras de izquierda a derecha, cuidando que el orden de evaluación fuera siempre el mismo; entre cada evaluación procedieron a comer galletas integrales (Gamesa®, tipo

Habanera) y enjuagarse la boca con agua (Bonafont®) a fin de eliminar sabores y residuos de la muestra anterior. A continuación, plasmaron sus respuestas en la ficha de cata (anexo 3) que se les proporcionó.

### **Expresión e 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, Anzaldúa-Morales, 1994).

### **5.6 Análisis estadístico**

Se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) de una sola vía acoplado a la prueba de rango múltiple de “Duncan” empleando el software STATGRAPHICS plus versión 5.1.

# Resultados y discusión

El talento no tiene servir para saberlo y decirlo todo, sino para saber lo que se tiene que decir de lo que no se sabe.

*Mariano José de Larra*

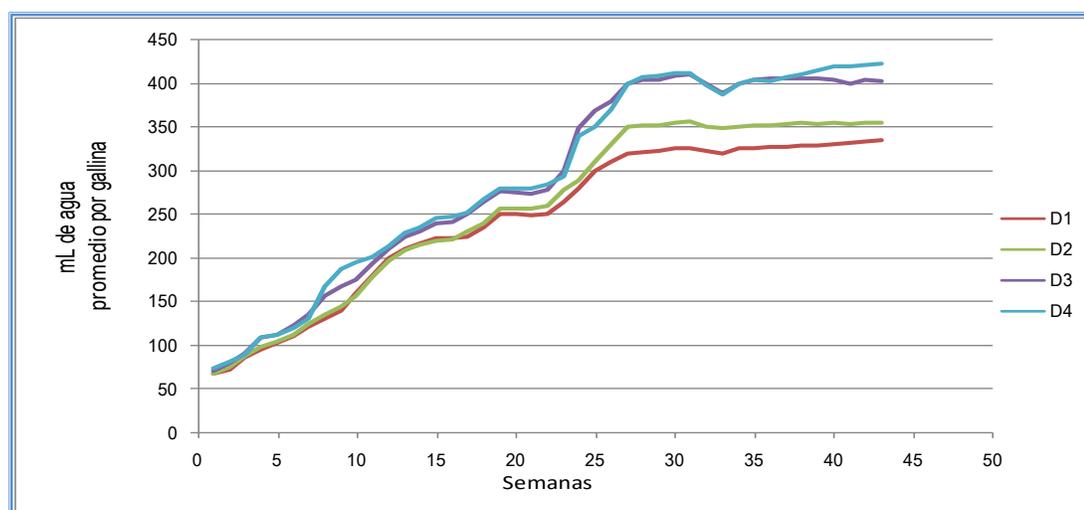
## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los alimentos de origen animal se encuentran dentro de la pirámide alimenticia como una de las principales fuentes nutricionales debido a que son ricos en proteínas y sustancias esenciales para la formación de todos los tejidos del organismo. La composición del tejido animal en cuanto a lípidos, proteínas, carbohidratos y agua está influenciada por la composición y calidad de la dieta así como las condiciones del entorno en el que se desarrollan los animales durante su ciclo vital (Forrest y col., 1979).

### 6.1 Parámetros evaluados en las gallinas

#### 6.1.1 Consumo de agua

En este estudio, las aves tuvieron acceso a agua limpia y fresca a libre demanda pues resulta necesaria para todos los procesos vitales (digestión, respiración y metabolismo), actúa como regulador de la temperatura del cuerpo además de que su ausencia o escasez puede causar retraso en el proceso de desarrollo de la gallina (forma parte del 55 a 75% del cuerpo el animal y cerca del 65% del huevo) (Flores, 1994). Se observó que la suplementación con el aceite de hígado de bacalao generó en las aves (grupos D3 y D4) un aumento en la ingesta de agua, que resultó significativo comparado con sus respectivos controles (D2 y D1) pero no entre ellos (gráfico 7). Este aumento en el consumo de agua puede explicarse por la situación de estrés a la que fueron sometidas las gallinas al proporcionar el aceite a cada una de ellas.



**Gráfico 7. Consumo de agua de los diferentes grupos de estudio**

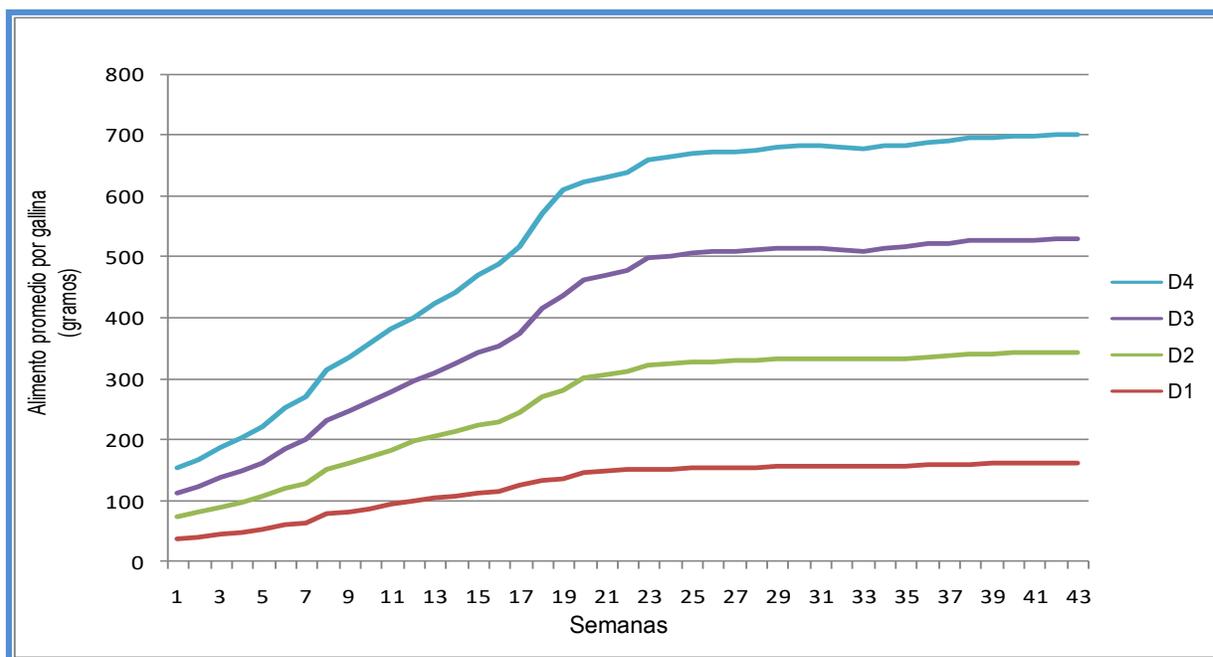
Nota: maíz quebrado (D1), alimento comercial (D2), alimento comercial suplementado con aceite de hígado de bacalao (D3) y maíz quebrado suplementado con aceite de hígado de bacalao (D4)

### 6.1.2 Consumo de alimento

La alimentación es, sin duda, uno de los factores más relevantes en la crianza de aves. Éstas, como el resto de los animales, necesitan una alimentación equilibrada, es decir, que contenga todos los nutrientes necesarios para que se desarrollen y crezcan sanas, en forma rápida y produzcan carne y huevos. Sin embargo, las necesidades de nutrimentos de las aves son muy complejas y varían entre especies, raza, edad y sexo (Costello y col, 1975).

Para una mejor salud y desarrollo, la dieta de las gallinas ponedoras debe incluir todos los nutrientes conocidos en cantidades correctas. Si hay insuficiencia de alguno, entonces el crecimiento, reproducción, calidad del cascarón, producción y tamaño del huevo, se verán disminuidos.

Se observó una relación directa entre la suplementación con aceite de hígado de bacalao y el consumo de agua y alimento por parte de las aves. En este sentido, Damron y col. (2001) indican que existe una fuerte correlación entre el alimento y el agua ingerida. El gráfico 8 muestra que los grupos D3 y D4 ingirieron más alimento que sus respectivos controles (D2 y D1).



**Gráfico 8. Consumo de alimento de los diferentes grupos de estudio**

Nota: maíz quebrado (D1), alimento comercial (D2), alimento comercial suplementado con aceite de hígado de bacalao (D3) y maíz quebrado suplementado con aceite de hígado de bacalao (D4)

El efecto de la suplementación fue más pronunciado cuando se empleó maíz como dieta base, ya que se pasó del menor consumo en el control (D1) al mayor en el suplementado (D4). Esto último se puede deber a que al ser de manera natural el maíz más energético (mayor contenido de lípidos y

menor de proteínas) que el alimento comercial, con menos cantidad las aves cubrían sus requerimientos (D1 menor que D2). Por otro lado, es probable que al incrementar aún más el aporte de lípidos en la dieta por medio del aceite de hígado de bacalao, los animales disminuían la síntesis endógena de estas biomoléculas, por lo que requerían consumir más alimento para cubrir sus necesidades (D4 mayor que D3).

### 6.1.3 Peso vivo

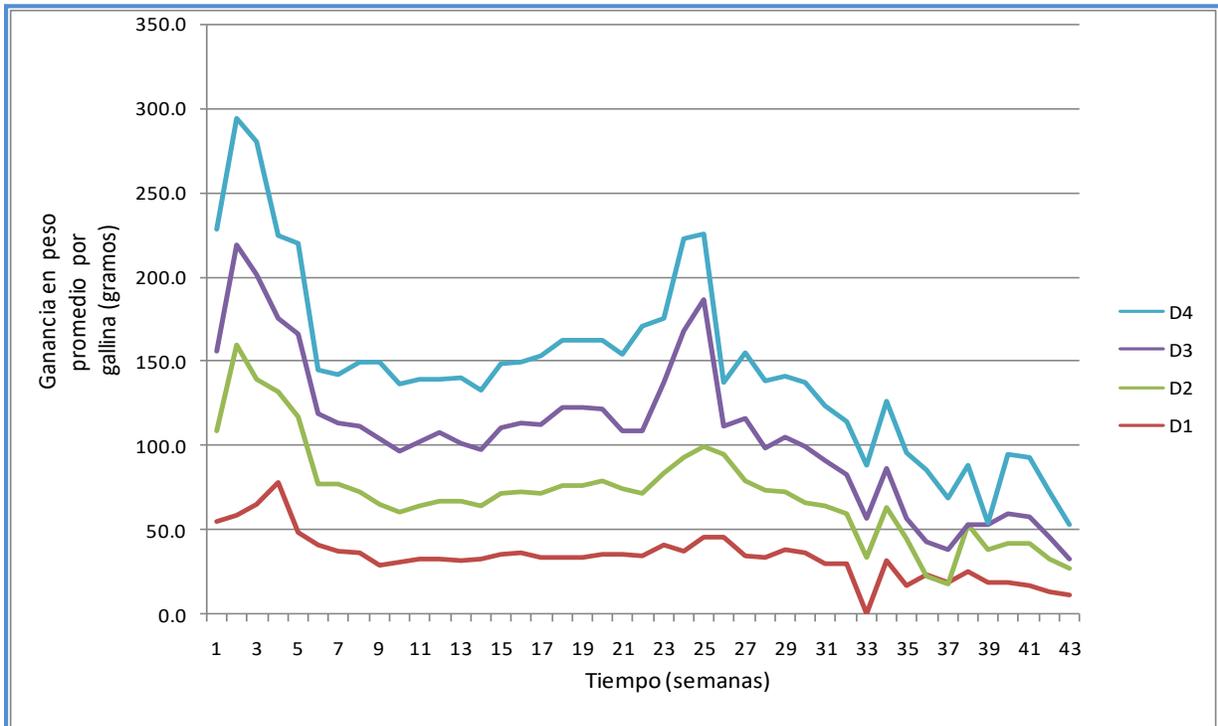
A fin de lograr las mejores condiciones durante la experimentación se tomaron en cuenta factores como el manejo [densidad (número de aves por espacio físico), temperatura ambiental, emplume e iluminación] que influyen en el desarrollo y crecimiento de las aves.

Flores (1994) menciona que la luz tiene una influencia importante en el crecimiento y composición corporal de las gallinas, debido a que ayuda al desarrollo de órganos reproductivos e ingesta de los piensos a utilizar; asimismo, también señala en relación a los factores nutricionales (energía y proteína) que las gallinas ponedoras, son capaces de ajustar la ingesta de nutrientes a sus necesidades.

En este sentido la evolución del desarrollo de las aves muestra que en las tres primeras semanas de experimentación fue donde hubo la mayor ganancia en peso para todos los grupos (gráfico 9). Esta etapa es conocida como fase proteica dependiente ya que el aporte de proteínas y micronutrientes de la dieta es utilizado por las aves para su crecimiento y desarrollo corporal.

Se observó que durante todo el periodo experimental los animales suplementados (D4 y D3) presentaron ganancias superiores en peso respecto a sus controles (D1 y D2, respectivamente). Siendo aún más significativo el efecto de la suplementación para los alimentados con maíz como dieta base (gráfico 9). Esto está relacionado con el mayor consumo de alimento (alimento o maíz) y agua observado en las gallinas después de ingerir la suplementación (gráficos 7 y 8).

De la semana 3 a la 5 de experimentación (semana 5 a 7 de desarrollo) las aves de todos los tratamientos mostraron disminución en la ganancia en peso, lo que coincide con el cambio del alimento de crecimiento al de postura para los grupos D2 y D3 condicionado esto último por la etapa de desarrollo del animal, razón por la cual también los animales que recibieron maíz como dieta base presentaron la misma tendencia.



**Gráfico 9. Ganancia en peso de los diferentes grupos**

Nota: maíz quebrado (D1), alimento comercial (D2), alimento comercial suplementado con aceite de hígado de bacalao (D3) y maíz quebrado suplementado con aceite de hígado de bacalao (D4)

A partir de la semana 5 y hasta la 18 de experimentación las aves no mostraron cambios significativos en la ganancia en peso lo que indica que se encontraban en el peso ideal para iniciar la etapa de postura.

Flores (1994) indica que la principal función de las gallinas ponedoras es la producción de huevos, por lo que su desarrollo natural implica que el alimento consumido durante las primeras 18 semanas de vida sea utilizado para maximizar el peso a fin de contar con la fisiología adecuada para la etapa de postura y que de la semana 6 a la 18 empieza la fase denominada energética dependiente, en el que el nivel de proteína baja por ende el crecimiento se ralentiza, debido al gasto de energía por parte de las aves.

Después de la semana 19 y hasta el final de la experimentación las gallinas presentaron disminución en la ganancia en peso, esto puede ser debido a que en esta fase el hígado duplica su tamaño, el oviducto se desarrolla y las reservas corporales aumentan en prevención del estrés que se producirá por el desencadenamiento de la postura (Flores, 1994).

Es importante tomar en cuenta que el desencadenamiento de la puesta provoca en las gallinas ponedoras un cambio radical en su metabolismo haciéndolo más lento, lo que genera ciertas variaciones en el peso ganado, debido a que el organismo de cada ave tiene que extraer 2 g de calcio de su cuerpo para transportarlos al huevo (Flores, 1994). En la semana 32, hubo una caída en la ganancia de peso en todos los grupos experimentales, ya que presentaron infecciones en el tracto respiratorio, que inmediatamente fueron controladas.

## 6.2 Caracterización química de carne de gallina

### 6.2.1 Humedad

El agua es el componente químico más abundante de la carne, ya que es considerado el nutrimento más esencial para la vida del animal (Carbajal, 2000). El contenido de humedad en la carne de las gallinas alimentadas con las diferentes dietas mostró tres grupos de medias estadísticamente diferentes (tabla 5), sin embargo, todos ellos se encuentran dentro de los valores obtenidos por Ferreira de Castro (1999) quien indicó que la carne de gallinas y gallos a edad temprana presentan de entre 70 y 80% de humedad y que ésta va disminuyendo con el desarrollo de las aves debido a que va aumentando el contenido de grasa.

La carne de las gallinas alimentadas con maíz como dieta base (D1 y D4) presentaron los contenidos de humedad más elevados. Los valores de D1 coinciden con el 75% reportado por Arenas de Moreno y col. (2000) en tanto que el 77.04% de D4 es superior y puede estar relacionado con el mayor consumo de agua mostrado por los animales de este grupo después de la suplementación con el aceite de hígado de bacalao.

**Tabla 5. Contenido de humedad de la carne de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes**

Muestra	% Humedad	SD
D1	75.110 <sup>b</sup>	0.080
D2	74.330 <sup>a</sup>	0.270
D3	74.670 <sup>a</sup>	0.070
D4	77.040 <sup>c</sup>	0.940

Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95 %.  
 Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.  
 SD: desviación estándar de 3 réplicas.

### 6.2.2. Cenizas

El análisis general de minerales expresado como cenizas mostró cuatro grupos estadísticamente diferentes (tabla 6) e inferiores al 1.35% reportado por Carbajal (2000) quien alimentó este tipo de aves con alimento comercial. La carne de los grupos suplementados (D3 y D4) presentó menores valores que sus respectivos controles (D2 y D1) lo que indica que la suplementación del aceite de hígado de bacalao disminuye la absorción de los minerales o su transferencia del alimento a la carne.

Por otro lado los mayores porcentajes fueron obtenidos al utilizar alimento comercial como dieta base (D2 y D3), lo que se justifica ya que se trata de un producto balanceado elaborado especialmente para cubrir las necesidades de las diferentes etapas del ave (crecimiento, engorda y postura) por lo que presenta un mayor contenido de minerales que el maíz; al ser este último deficiente en calcio y fósforo.

En este sentido Carbajal (2000) afirma que la carne de gallina y pollo es una fuente importante de fósforo y potasio y en menor cantidad de calcio, sodio y magnesio en lo que a macrominerales corresponde. Sin embargo, el contenido de microminerales como el hierro y zinc es menor comparado con la presencia que estos tienen en carnes rojas.

**Tabla 6. Contenido de cenizas de la carne de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes**

Muestra	% Cenizas	SD
D1	0.940 <sup>b</sup>	0.010
D2	1.030 <sup>d</sup>	0.010
D3	0.990 <sup>c</sup>	0.020
D4	0.890 <sup>a</sup>	0.010

Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95 %.  
 Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.  
 SD: desviación estándar de 3 réplicas.

### 6.2.3. Grasa

Las grasas son una fuente importante de energía en la dieta humana pues aportan 2.25 veces más energía por unidad de masa que los carbohidratos y proteínas (Niivivaara y Antilla, 1973). En

tejidos animales el contenido de grasas es importante ya que, pueden proveer ácidos grasos esenciales y ser vehículo para las vitaminas liposolubles (A, D, E, K). Otra ventaja es que el consumo moderado de grasas reduce el volumen de la dieta (pues tienen poca agua), aumenta el tiempo de digestión y aportan sabor a los alimentos (Ferreira De Castro, 1999).

#### **6.2.3.1. Grasa total**

Cortinas (2004) explica que el contenido de lípidos en la carne de ave varía según el tipo de tejido, y que es en la piel donde se presenta la mayor proporción de grasa en forma de triglicéridos. Además esta composición puede presentar variaciones debidas a la genética, edad, raza, condiciones energéticas y nutricionales (contenido energético, cantidad de grasa y proteína presente en la dieta) a las que fueron sometidas las aves durante su desarrollo. En este experimento, se trabajaron los tejidos (pierna, pechuga y muslo) sin piel, para determinar el contenido de grasa; aún cuando esté se encuentra dentro del intervalo (0.8 a 3%) reportado por Fellenberg, (2008), el análisis de varianza (ANOVA), mostró cuatro grupos estadísticamente diferentes (tabla 7), lo que indica que la composición de la dieta es un parámetro que influye de manera importante en el contenido de grasa almacenada en el tejido de las aves.

De manera general se observó que la carne de las gallinas suplementadas presentó menor contenido de grasa que sus respectivos controles, lo que indica que el aporte del aceite de hígado de bacalao en la dieta disminuye la síntesis endógena de lípidos, siendo este efecto mayor cuando se realiza un aporte más elevado de grasa en la alimentación, por lo que se debe tener cuidado en las cantidades suministradas para no causar un daño fisiológico al animal (Cortinas, 2004).

Pérez Buriel y col. (1995) mencionan que cuando se adiciona aceite (maíz, ajonjolí y otros) como parte de la dieta de las aves, sirve como fuente de energía, lo que representa una serie de ventajas físicas y nutricionales, ya que éste ayuda a aumentar la digestibilidad de todos los nutrientes con la consecuente disminución de la pérdida de energía por la metabolización del alimento ingerido. Lo cual favoreció las ganancias de peso por parte de los animales que recibieron la suplementación (gráfico 9).

Tabla 7. Contenido de grasa en la carne de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes

Muestra	% Grasa	SD
D1	1.280 <sup>c</sup>	0.003
D2	1.350 <sup>d</sup>	0.005
D3	1.130 <sup>a</sup>	0.009
D4	1.220 <sup>b</sup>	0.018

Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95 %.  
 Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.  
 SD: desviación estándar de 3 réplicas.

### 6.2.3.2. Cuantificación de ácidos grasos en carne

En la figura 4 se muestra el perfil de ácidos grasos del aceite de hígado de bacalao; resaltando la presencia de EPA y DHA, que son los de interés para incorporar en la carne y huevo de las gallinas ponedoras. Además de otros ácidos grasos esenciales como es el caso del  $\alpha$ -Linolénico (C18:3n3), el linoleico (C18:2n6c) y araquidónico (C20:4n6).

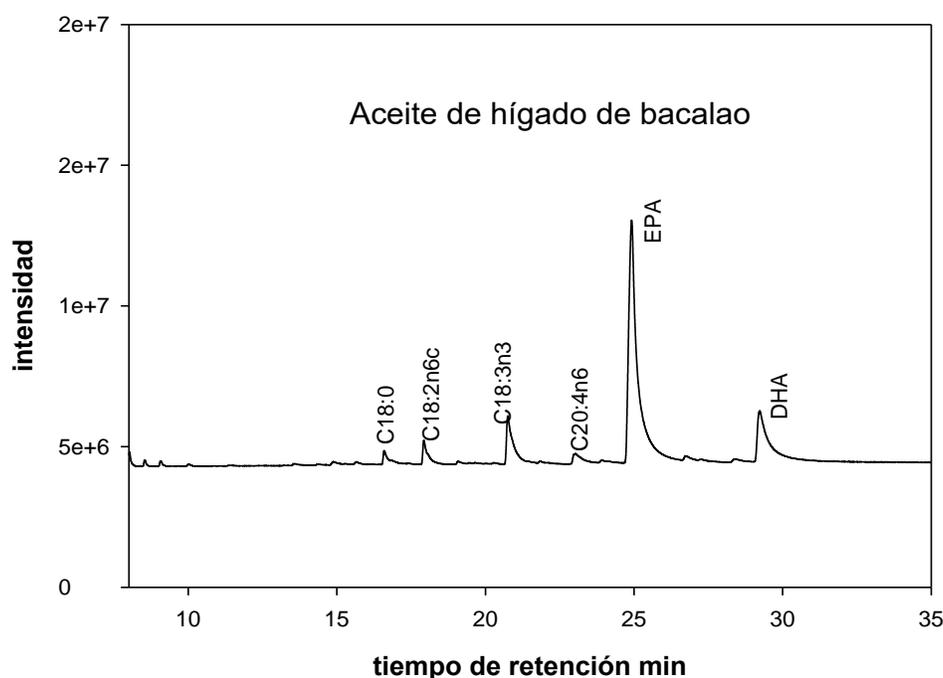


Figura 4. Cromatograma del aceite de hígado de bacalao

La figura 5 muestra la composición del alimento comercial utilizado como dieta base en D2 y D3. Se observa que es fuente de ácidos grasos saturados como es el caso del ácido palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0) y carece de EPA y DHA o de otros ácidos grasos de la serie  $\omega$ -3.

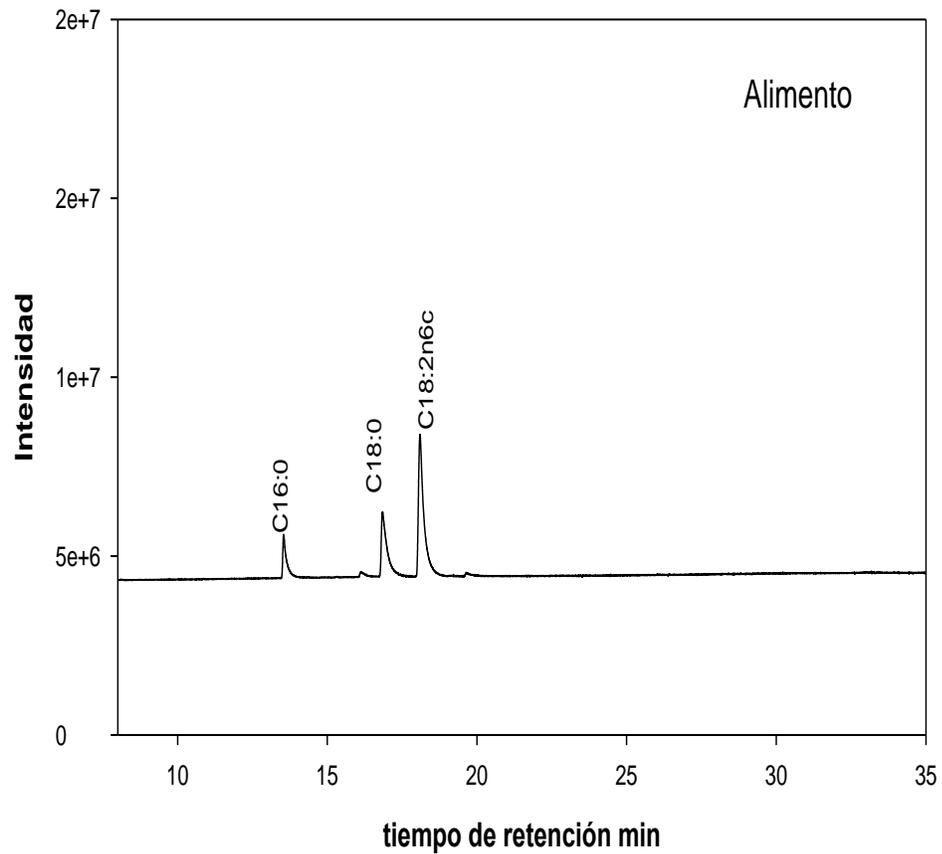


Figura 5. Cromatograma del alimento utilizado en las dietas D2 y D3

La figura 6 corresponde a la composición de ácidos grasos presentes en el maíz siendo los mayoritarios los ácidos palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0) y de los  $\omega$ -3 el único presente en pequeñas cantidades es el  $\alpha$ -Linolénico (C18:3n3), en tanto que de los  $\omega$ -6 los ácidos linoleico (C18:2n6c) y araquidónico (C20:4n6).

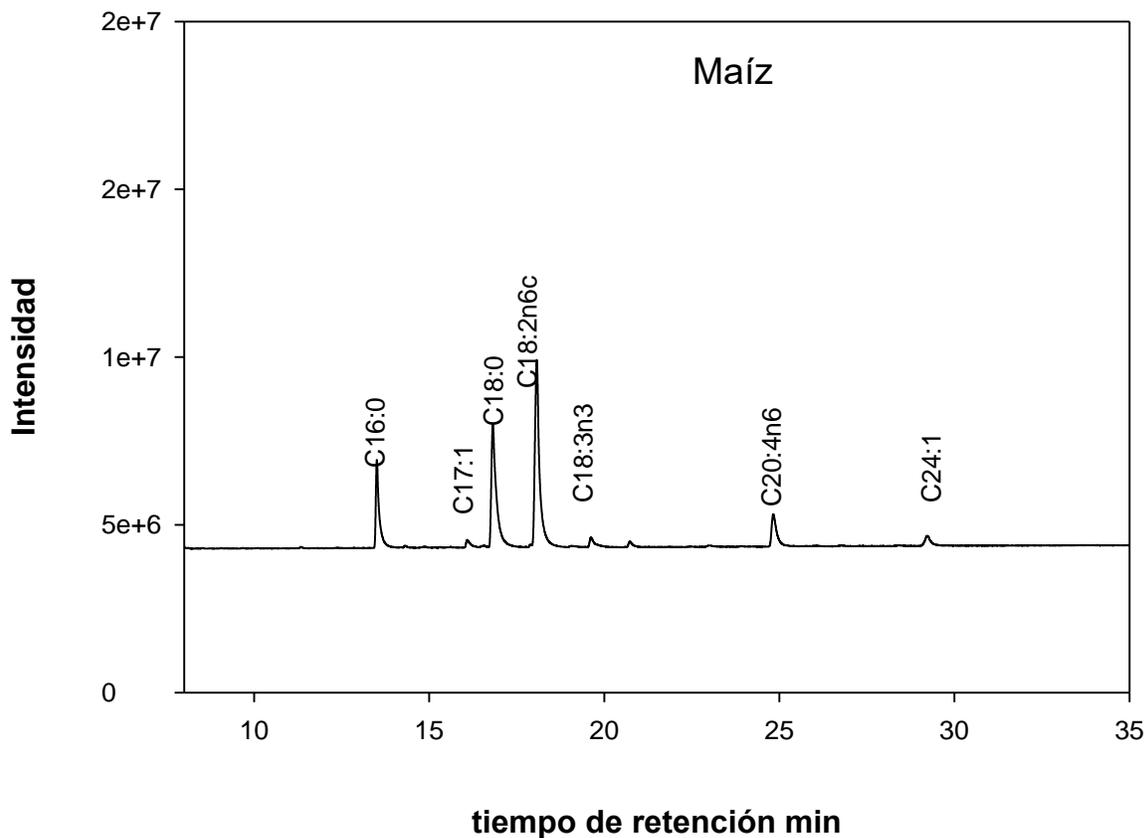


Figura 6. Cromatograma del maíz utilizado en las dietas D1 y D4

Las especies animales difieren entre ellas, principalmente, en la forma en que llevan a cabo el metabolismo; por ejemplo, las aves sintetizan los lípidos a partir de carbohidratos dietéticos (glucosa) (Scott y col, 1982; Mourot y Hermier, 2001); mientras que los mamíferos los obtienen principalmente a nivel de tejido adiposo (Aranibar, 1995).

Por lo que, para las aves, el hígado es el principal lugar de síntesis de ácidos grasos, es decir, su tejido adiposo es resultado de la síntesis y de la incorporación de triglicéridos a partir de las lipoproteínas plasmáticas, las cuales son sintetizadas en el hígado y aportadas por las grasas provenientes de la dieta (Hermiery col, 1989). Esto confiere un rol esencial al sistema de transporte de triglicéridos, el que se realiza con lipoproteínas de baja densidad, desde el sitio de síntesis (hígado) al sitio de depósito (tejido adiposo) (Mourot y Hermier, 2001). De esta manera, el depósito lipídico en los tejidos animales (aves) puede tener 2 orígenes: exógeno, es decir, que es proveniente de la dieta y endógeno, sintetizado por el animal; por lo que la composición dependerá del balance entre ambas porciones (Cortinas, 2004).

Las figuras (7, 8, 9, 10) muestran los perfiles de ácidos grasos de la carne de los grupos D1, D2, D3 y D4 respectivamente. Se observa de manera general que los grupos alimentados con maíz como dieta base (D1 y D4) presentan un mayor número de ácidos grasos respecto a los que en la dieta base se empleo alimento comercial (D2 y D3). Estas diferencias se deben principalmente a la ausencia de ácidos grasos de cadena media (C12:0 a C15:1) en los grupos D2 y D3 y algunos de cadena larga como el C20:0, C22:0, C20:3n3 y el EPA en el grupo D2. Un aspecto a resaltar es que estos últimos ácidos grasos y sobre todo los de la familia omega-3 como el C20:3  $\omega$ -3 y el EPA de gran importancia en la salud humana ausentes inicialmente en el grupo control se logran incorporar en la carne de los animales suplementados (D3; tabla 8).

Al analizar el comportamiento de los ácidos grasos en particular se observan dos fenómenos totalmente diferentes y que indican que la dieta base desempeña un papel muy importante en el cambio del contenido de los ácidos grasos en la carne de los grupos suplementados respecto a sus controles. Así mientras en el grupo 4 se observa una disminución de hasta el 65% del C16:0 e incremento del C18:0 respecto a D1, en D3 se observó el efecto contrario en relación a D2 (tabla 8); es decir, el C18:0 desaparece y el C16:0 triplica su contenido.

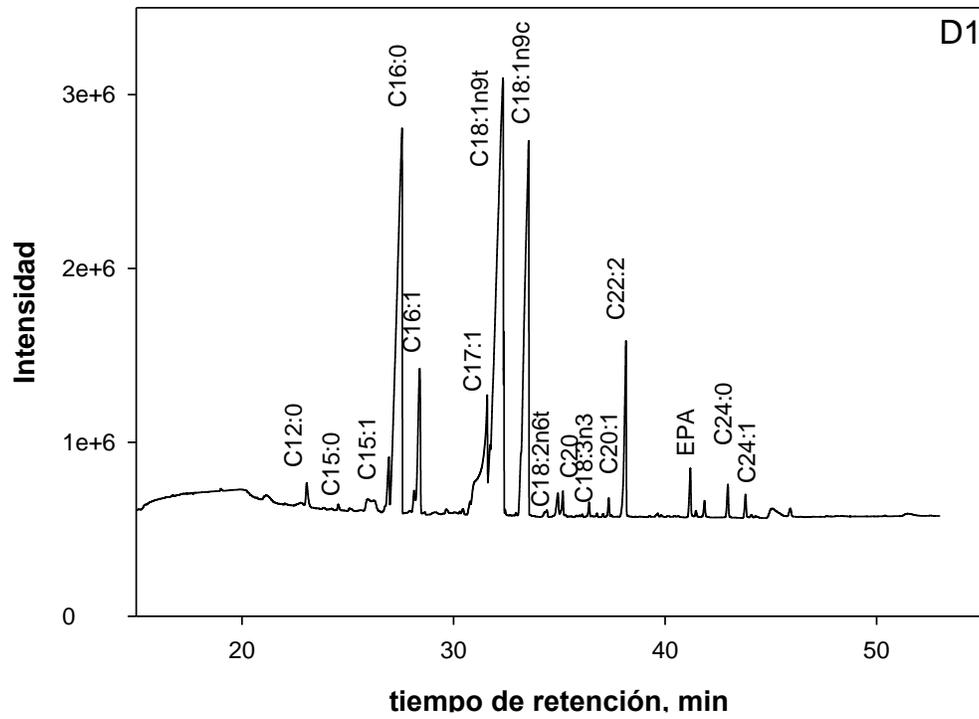


Figura 7. Cromatograma de la carne proveniente de la dieta D1

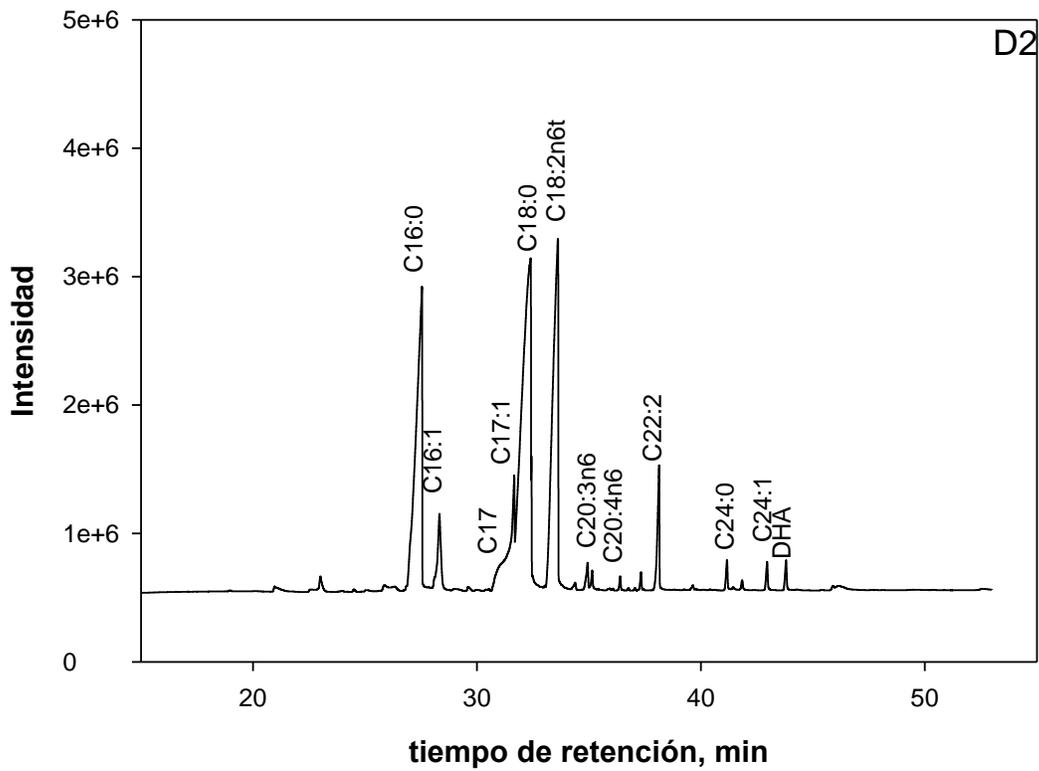


Figura 8. Cromatograma de la carne proveniente de la dieta D2

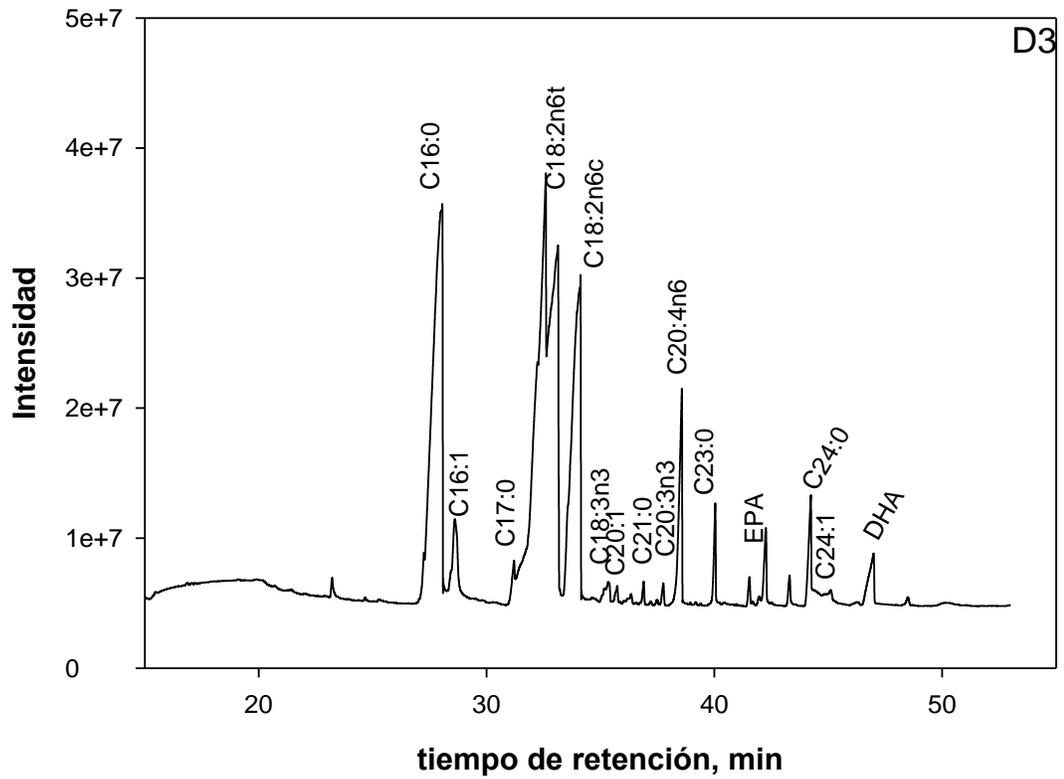


Figura 9. Cromatograma de la carne proveniente de la dieta D3

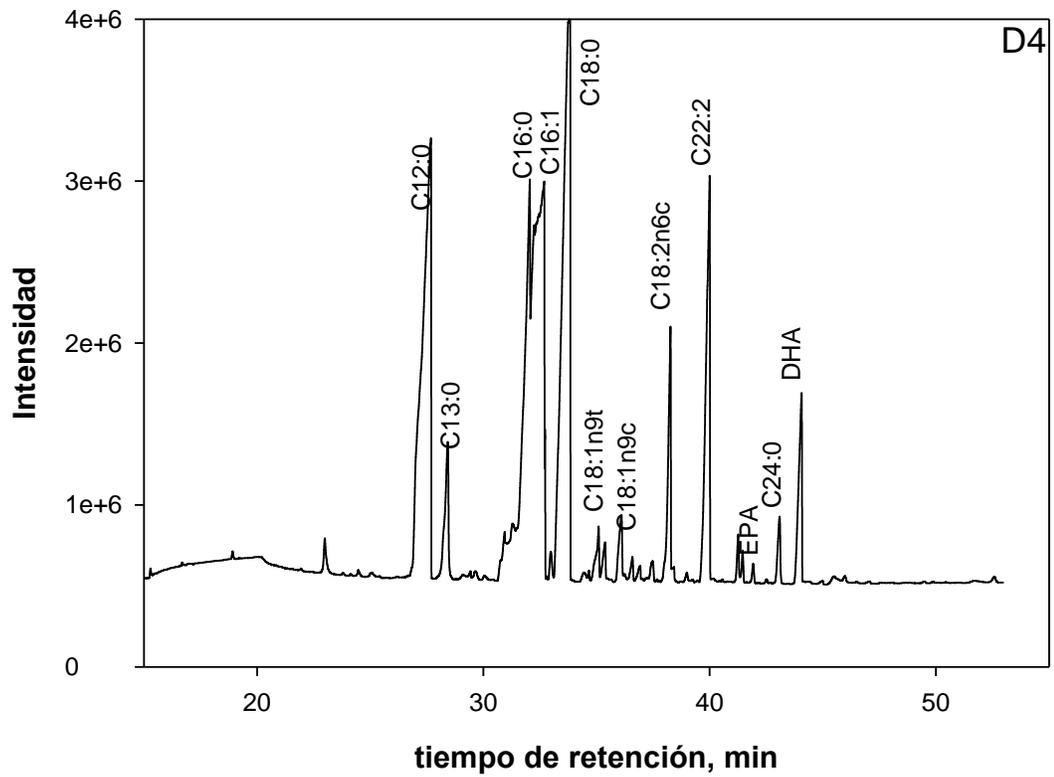


Figura 10. Cromatograma de la carne proveniente de la dieta D4

Para los ácidos grasos saturados que van desde C12:0 hasta C15:0 presentes en la dieta base de maíz (D1) su contenido con la suplementación se ve modificado disminuyendo drásticamente los de C14 a C15 e incrementándose considerablemente en D4 el C12:0 y C13:0 (tabla 8).

En el caso del ácido linoleico (C18:2n6c) hay un incremento en su contenido pasando de 0.51 en D1a 238.38 mg/100 g en D4, lo que representa un incremento del 99.77%; en tanto que para D3 la presencia de dicho ácido aumenta de forma significativa ya que en su control D2 no fue detectado. Al respecto, Enser (1984) menciona que en los productos de las aves, al no poseer estas las enzimas capaces de insertar dobles enlaces entre el carbono 9 y el grupo metilo terminal, el contenido de ácidos grasos con dobles enlaces depende de la dieta.

Por su parte, Bartov (1979), Ajuhay y col. (1991) y Crespo y Esteve (2002) señalan que la presencia de C15:0, C16:0, C18:0 y C18:2 son resultado de la síntesis endógena por parte de las aves de experimentación, más que por el tipo de dieta a la que fueron sometidas; debido a que el ácido palmítico es el resultado de la síntesis hepática llevada a cabo por las aves, a partir del cual se obtienen los ácidos grasos de cadena más larga como es el caso de C16:1, C18:0 y C18:1 (Cortinas, 2004); ya que éstas pueden sintetizar dichos ácidos grasos (18 átomos de carbono) e introducir dobles enlaces en las posiciones 7 o 9 de la cadena carbonada (contando a partir del grupo metilo), mediante la acción de un enzima denominada "9 desaturasa", dando lugar a su formación.

Es importante hacer mención que a excepción de D2 los contenidos de C14:0, C16:0 y C18:0 de las dietas estuvieron por debajo de los resultados obtenidos por otros autores (Carnevale y col., 2006), lo que indica que la suplementación ayuda a obtener carne más saludable.

En cuanto a los ácidos C18:1n9c y C18:1n9t (oleico y elaidico), éstos se encuentran sólo en las dietas a base de maíz (D1 y D4), por lo que la inclusión de este ácido a la carne de pollo es debida al cereal y no al aceite de hígado de bacalao; estos ácidos se encuentran por debajo de lo reportado por otros autores (Carnevale, y col., 2006).

**Tabla 8. Composición de ácidos grasos (en mg/100 g) de la carne de gallinas ponedoras**

## alimentadas con 4 dietas diferentes

Ácido graso	D1	D2	D3	D4	Literatura*
C12:0	57.65 <sup>a</sup>	NE	NE	222.79 <sup>b</sup>	
C13:0	6.14 <sup>a</sup>	NE	NE	187.99 <sup>b</sup>	29±3
C14:0	3.19 <sup>a</sup>	NE	NE	NE	
C14:1	2.16 <sup>a</sup>	NE	NE	NE	1097±124
C15:0	1.61 <sup>a</sup>	NE	NE	NE	298±56
C15:1	11.23 <sup>a</sup>	NE	NE	NE	
C16:0	328.65 <sup>c</sup>	260.25 <sup>b</sup>	760.71 <sup>d</sup>	116.45 <sup>a</sup>	302±22
C16:1	55.58 <sup>d</sup>	22.46 <sup>c</sup>	6.52 <sup>a</sup>	14.70 <sup>b</sup>	1366±77
C17:0	3.73 <sup>c</sup>	5.12 <sup>d</sup>	0.91 <sup>a</sup>	1.93 <sup>b</sup>	1366±77
C17:1	4.46 <sup>b</sup>	72.99 <sup>c</sup>	0.23 <sup>a</sup>	NE	728±94
C18:0	NE	362.63 <sup>b</sup>	NE	47.60 <sup>a</sup>	728±94
C18:1n9t	126.68 <sup>b</sup>	NE	NE	53.75 <sup>a</sup>	
C18:1n9c	253.37 <sup>b</sup>	NE	NE	107.50 <sup>a</sup>	25±4
C18:2n6t	NE	228.49 <sup>b</sup>	30.74 <sup>a</sup>	NE	
C18:2n6c	0.51 <sup>a</sup>	NE	30.86 <sup>b</sup>	238.38 <sup>c</sup>	
C20:0	7.36 <sup>b</sup>	NE	NE	3.68 <sup>a</sup>	
C18:3n3	2.62 <sup>d</sup>	1.08 <sup>b</sup>	0.36 <sup>a</sup>	1.50 <sup>c</sup>	
C20:1	6.03 <sup>b</sup>	8.31 <sup>d</sup>	0.97 <sup>a</sup>	7.29 <sup>c</sup>	
C21:0	1.43 <sup>d</sup>	0.47 <sup>b</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.78 <sup>c</sup>	46±3
C20:2	1.43 <sup>d</sup>	0.47 <sup>b</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.78 <sup>c</sup>	23±3
C20:3n6	3.70 <sup>b</sup>	19.68 <sup>c</sup>	0.55 <sup>a</sup>	NE	
C22:0	39.27 <sup>c</sup>	NE	4.68 <sup>a</sup>	14.72 <sup>b</sup>	14±1
C20:3n3	19.64 <sup>b</sup>	NE	37.45 <sup>c</sup>	7.36 <sup>a</sup>	
C20:4n6	1.91 <sup>a</sup>	4.49 <sup>b</sup>	83.96 <sup>d</sup>	38.33 <sup>c</sup>	
C23:0	0.95 <sup>a</sup>	2.24 <sup>b</sup>	41.98 <sup>d</sup>	19.17 <sup>c</sup>	
C22:2	272.31 <sup>c</sup>	187.75 <sup>b</sup>	NE	46.48 <sup>a</sup>	
C20:5n3 (EPA)	7.14 <sup>b</sup>	NE	10.79 <sup>c</sup>	1.83 <sup>a</sup>	0.10
C24:0	9.45 <sup>b</sup>	16.51 <sup>c</sup>	33.22 <sup>d</sup>	7.57 <sup>a</sup>	
C24:1	4.72 <sup>b</sup>	8.25 <sup>c</sup>	38.95 <sup>d</sup>	3.79 <sup>a</sup>	
C22:6n3 (DHA)	NE	15.97 <sup>a</sup>	42.76 <sup>c</sup>	41.10 <sup>b</sup>	0.89

Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95 %.

Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.

NE no encontrado.\*Fuente: Carnevale, y col., 2006. N.R. no reportado

Los cambios en la proporción de los diferentes ácidos grasos originan que el contenido de ácidos grasos totales se reduzca en aproximadamente un 4% en la carne de las gallinas del grupo 4 respecto a su control (D1) y en un 8% de D2 a D3, observándose que los cuatro grupos presentan diferencias estadísticamente significativas. Esto reafirma la teoría de que la suplementación con aceite de hígado de bacalao disminuye la síntesis de ácidos grasos y que la dieta base también influye en el contenido total y perfil de ácidos grasos. Al respecto, Cortinas (2004) menciona que la inclusión de grasa como fuente de ácidos grasos esenciales en la dieta produce una reducción de la actividad lipogénica hepática.

La reducción de los ácidos grasos totales es el reflejo de la redistribución porcentual tanto de ácidos grasos saturados como de los insaturados de los animales suplementados respecto a sus controles. Así, los AGI disminuyen en 15.15 % de D1 a D4 y de 21.53% de D2 a D3 y los saturados incrementan en este mismo porcentaje (tabla 9).

**Tabla 9. Contenido de ácidos grasos clasificados por tipo, provenientes de la carne de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes**

Ácido graso	D1	D2	D3	D4
Total de ácidos grasos, mg/100 g	1232.93 <sup>d</sup>	1218.23 <sup>c</sup>	1126.60 <sup>a</sup>	1186.96 <sup>b</sup>
Saturados, mg/100 g	461.61 <sup>a</sup>	647.22 <sup>c</sup>	841.80 <sup>d</sup>	622.67 <sup>b</sup>
%AGS	37.44 <sup>a</sup>	53.13 <sup>bc</sup>	74.75 <sup>d</sup>	52.59 <sup>bc</sup>
Insaturados, mg/100 g	771.32 <sup>d</sup>	569.94 <sup>c</sup>	284.44 <sup>a</sup>	562.78 <sup>b</sup>
%AGI	62.56 <sup>d</sup>	46.78 <sup>bc</sup>	25.25 <sup>a</sup>	47.41 <sup>bc</sup>
Monoinsaturados, mg/100 g	462.07 <sup>d</sup>	112.02 <sup>b</sup>	46.67 <sup>a</sup>	187.01 <sup>c</sup>
%AGMI	37.48 <sup>d</sup>	9.20 <sup>b</sup>	4.14 <sup>a</sup>	15.76 <sup>c</sup>
Poliinsaturados, mg/100 g	307.83 <sup>b</sup>	457.44 <sup>d</sup>	237.48 <sup>a</sup>	374.99 <sup>c</sup>
% PUFA's	24.97 <sup>b</sup>	37.55 <sup>d</sup>	21.08 <sup>a</sup>	31.59 <sup>c</sup>
n6	278.42 <sup>b</sup>	440.40 <sup>d</sup>	146.11 <sup>a</sup>	323.19 <sup>c</sup>
n3	29.41 <sup>b</sup>	17.04 <sup>a</sup>	91.37 <sup>d</sup>	51.80 <sup>c</sup>
n9	390.81 <sup>d</sup>	16.57 <sup>a</sup>	39.92 <sup>b</sup>	172.32 <sup>c</sup>
n6:n3	9.47 <sup>c</sup>	25.84 <sup>d</sup>	1.60 <sup>a</sup>	6.24 <sup>b</sup>

Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95 %.  
Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.

Aún cuando se observa un aumento en la concentración de ácidos grasos saturados; es importante hacer notar que la suplementación con aceite de hígado de bacalao induce que los AG  $\omega$ -

3 incrementan en 43.22 % para D4 y en 81.35 % para D3 respecto a sus controles (D1 y D2; tabla 9), esto último es muy importante ya que está demostrado que el consumo de éstos AG es benéfico para la salud humana. Uno de los puntos que es conveniente discutir es la presencia en la carne de gallina del EPA y el DHA, sobre todo de éste último que se incrementa considerablemente con la suplementación del aceite de hígado de bacalao siendo aún más significativo cuando se emplea maíz como dieta base (tabla 10). Los porcentajes que se obtuvieron de estos ácidos, con respecto al contenido de ácidos grasos totales se muestran en la tabla 10, en la cual se comparan con los obtenidos por otros autores.

Cabe hacer mención que los contenidos obtenidos en las dietas propuestas en esta investigación están por arriba de los encontrados por Cortinas (2004), en los cuales mezclan diferentes cantidades de ácidos grasos poliinsaturados con alimento para aves, utilizando como máximo nivel de poliinsaturación de 64 g de PUFA's por kg de alimento (tabla 10).

Esta disminución en los contenidos se puede deber a que se mezclaron los PUFA's con el alimento, lo cual no asegura que la ingesta de PUFA's sea la misma para cada una de las gallinas. Entre las ventajas que tiene la alimentación suplementada con aceite de pescado es que se incrementa el contenido de AG  $\omega$ -3 ya que de acuerdo a la literatura, por ejemplo, con una dieta a base de aceite de linaza (fuente de PUFA's) se obtienen porcentajes bajos tanto de EPA como de DHA e inferiores a los encontrados con las dietas propuestas en el presente trabajo.

Por otro lado, hay autores que han encontrado cantidades superiores tanto de EPA como de DHA en carne de pollo con alimentación a base de aceite de pescado en un 8.2 % en composición (López-Ferrer y col., 1999), sin embargo, a pesar de que se obtiene carne con un buen contenido en AG  $\omega$ -3, ésta pierde calidad sensorial; este mismo efecto se ha obtenido en otras investigaciones, en las cuales se ha encontrado que al aumentar el porcentaje de inclusión de aceites de pescado en la alimentación, el sabor de la carne se ve altamente modificado (Castillo y col, 2006).

Otro parámetro relevante que está relacionado con la ingesta de AG  $\omega$ -3 y AG  $\omega$ -6 es la relación n6:n3, su importancia radica en la contribución que tienen los PUFA's en la formación de los metabolitos de n-3 y n-6, por lo que una relación de 10:1 de los ácidos grasos n3:n6 ha sido ampliamente recomendada para la dieta humana (Simopoulos, 1991; 2000). De acuerdo a este parámetro, las mejores dietas para obtener carne de pollo de calidad en cuanto n6:n3 son D1 y D2, las cuales son a base de maíz y de alimento comercial, ambas sin suplementar (tabla 9). Sin embargo,

haciendo el análisis del contenido total de los ácidos grasos poliinsaturados (%AGPI), es importante hacer notar que con la carne obtenida de las gallinas alimentadas con dieta suplementada a base de maíz (D4) aumenta en casi un 7% su contenido en PUFA's con respecto a su control (D1), estos ácidos, tal y como se ha mencionado a lo largo del presente trabajo, traen muchos beneficios a la salud.

**Tabla 10. Contenido de EPA y DHA (% con respecto al total de ácidos grasos) de la carne de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes**

Ácido graso	D1	D2	D3	D4	López-Ferrer (1999)	Cortinas (2004)	López-Ferrer (2001)
EPA (%)	0.52	NE	0.96	0.15	6.43-8.19	0.024-0.714	0.22-0.39
DHA (%)	NE	1.31	3.80	3.46	6.45-7.78	0.05-0.337	0.10-0.25

Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.

#### 6.2.4. Proteína

La carne de pollo o gallina es una buena fuente de proteína desde el punto de vista tanto de la cantidad como de la calidad y de su elevado valor biológico (Ferreira de Castro, 1999, Arenas de Moreno y col, 2000). Dichas biomoléculas poseen un papel fundamental en la nutrición, ya que proporcionan nitrógeno y aminoácidos que podrán ser utilizados para la síntesis de otras proteínas y sustancias nitrogenadas (Badui, 2006).

Los resultados muestran que es mejor utilizar el alimento comercial como alimento base para obtener carne con un mayor contenido de proteína y que esto se ve favorecido con la suplementación del aceite de hígado de bacalao (tabla 11). Lo anterior puede indicar que las aves pueden convertir el exceso de grasa de la dieta en proteínas cuando tienen sus necesidades energéticas cubiertas (Fox y Camerón, 2002).

Aún cuando los grupos alimentados con maíz presentan menores porcentajes de proteína, estos se encuentran dentro de los valores (18-22%) indicados por Arenas de Morenos y col. (2000). En este caso se observó que cuando se suplementó la dieta base (D1) con aceite de hígado de bacalao (D4) el contenido de proteínas disminuyó, efecto contrario a D2 y D3, lo que en parte se justifica por el menor aporte de proteínas y (explicados por las deficiencias aminoacídicas en lisina y triptófano que son aminoácidos esenciales) del maíz respecto al alimento comercial que aporta un mayor porcentaje

de proteína (20%) en comparación con el maíz (10-12 %) ya que el ave necesita aminoácidos esenciales y nitrógeno no esencial en lugar de proteína bruta (Blas y Gonzales, 1991).

**Tabla 11. Contenido de proteína en la carne de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes**

Muestra	% Proteína	SD
D1	21.210 <sup>b</sup>	0.450
D2	21.540 <sup>c</sup>	0.390
D3	22.370 <sup>d</sup>	0.570
D4	20.340 <sup>a</sup>	0.670

Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95 %.  
 Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.  
 SD: desviación estándar de 3 réplicas.

Otro aspecto que podría contribuir al menor contenido de proteínas en la carne de los animales alimentados con maíz y suplementados (D4) respecto a sus controles (D1), es la teoría planteada en este estudio de que “las aves disminuyen la síntesis endógena de lípidos y cubren sus necesidades energéticas con la proteína y el exceso de grasas de la dieta”, por ello aún cuando se observa un decremento de grasa y proteína, éste no es tan pronunciado y se encuentra dentro de las concentraciones reportadas para estos nutrientes (Arenas de Morenos y col., 2000 y Fellenberg, 2008).

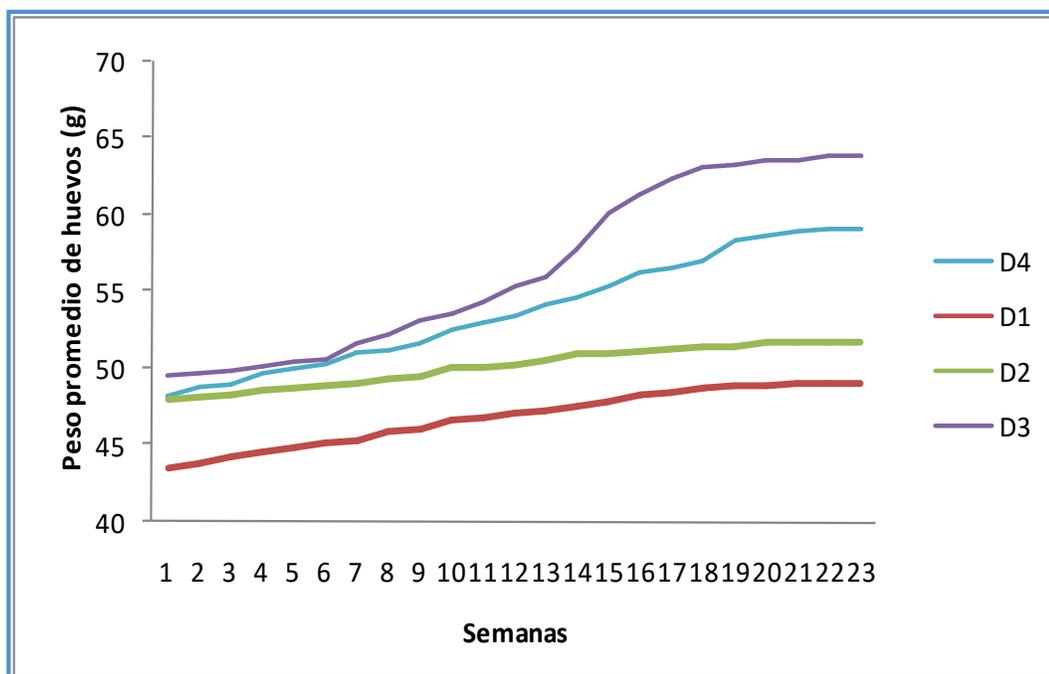
### 6.3 Parámetros evaluados en los huevos

El huevo de gallina es uno de los alimentos más versátiles, ya que contienen una alta calidad y cantidad de proteínas, carbohidratos, grasas fácilmente digestibles y minerales (Badui, 2006).

Fox y Cameron (2002) mencionan que el huevo está constituido por 3 partes: cascarón, clara y yema, cuya composición varía con la edad de la gallina, la estirpe y el tipo de manejo, y que el factor más importante es la alimentación.

#### 6.3.1 Incremento en peso de los huevos

Los huevos de las gallinas alimentadas con las dietas suplementadas con aceite de hígado de bacalao, tanto maíz como alimento comercial, fueron los que alcanzaron los mayores incrementos en peso (gráfico 10), lo que indica el efecto positivo de la suplementación; consecuencia del mayor consumo de alimento que ambos grupos presentaron, lo que contribuyó a la obtención de un buen producto (huevo).



**Gráfico 10. Incremento en peso de los huevos de las gallinas alimentadas con las diferentes dietas**

Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.

Con las dietas suplementadas (D3 y D4), así como con la dieta a base de alimento comercial (D2), se observó un comportamiento similar en el peso de los huevos en las primeras 6 semanas del experimento. Sin embargo, de la semana 7 a la 13 el incremento en el peso de los huevos provenientes de las dietas D3 y D4 fue similar entre ellos pero superior a las otras dos dietas (controles: D1 y D2).

A partir de la semana 14 los huevos obtenidos de las gallinas suplementadas con el aceite de hígado de bacalao mostraron un fuerte incremento en el peso siendo esto más pronunciado en los que recibieron como dieta base el alimento comercial (D3). Lo anterior indica que en esa semana las gallinas habían alcanzado la madurez precisa para la etapa de postura y que la suplementación tiene un rol importante para obtener huevos de mayor tamaño, viéndose favorecido este efecto con el mejor balance de nutrientes del alimento para postura ya que está diseñado para este fin.

En el caso del menor peso observado en los huevos obtenidos con la dieta de maíz respecto a la alimentación con alimento comercial (D1 vs D2 y D4 vs D3), pudiera ser atribuido a algunas deficiencias que presenta el maíz en cuanto a aminoácidos esenciales (lisina y triptófano) y de minerales como calcio y fósforo que son indispensables para la formación del cascarón según lo expresado por Pró y col, (1971).

## 6.4 Caracterización química de huevo

### 6.4.1 Humedad

El agua fue el constituyente mayoritario en los huevos de las gallinas alimentadas con las diferentes dietas (tabla 12). El análisis de varianza (ANOVA) realizado mostró cuatro grupos de medias estadísticamente diferentes. Sin embargo, los valores determinados fueron cercanos a los reportados en otros estudios y que se encuentran alrededor de un 75% (Fox y Cameron, 2002; Grobas y Mateos, 1996; Fálder Rivero, 2005). Estos autores señalan que la yema presenta hasta un 50% y que la clara es la de mayor contenido de humedad y que de ella depende el porcentaje total en el huevo, alcanzando hasta un 87% del total del agua presente en este alimento (Badui, 2006).

**Tabla 12. Contenido de humedad en huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes**

Muestra	% Humedad	SD
D1	77.220 <sup>d</sup>	0.095
D2	74.910 <sup>a</sup>	0.110
D3	75.940 <sup>b</sup>	0.054
D4	76.160 <sup>c</sup>	0.008

Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95 %.  
 Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.  
 SD: desviación estándar de 3 réplicas.

Es importante destacar, que a pesar de que en las gallinas alimentadas con dietas suplementadas, tanto maíz como alimento comercial, se observó un mayor consumo de agua (gráfico 7), esto no fue reflejado en un mayor contenido de humedad en el huevo producido; los resultados mostraron el más elevado porcentaje de humedad en los huevos provenientes de las gallinas alimentadas únicamente con maíz. Por lo que podría decirse que la suplementación con aceite de hígado de bacalao en la alimentación con las gallinas ponedoras no es un factor que influya en el contenido de humedad del huevo producido.

### 6.4.2 Cenizas

Las cenizas fueron el componente menos abundante (<1%) en los huevos producidos por las gallinas alimentadas con las diferentes dietas (tabla 13). Los valores determinados se encontraron por

debajo del 1-1.5% reportado por Fálder (2005) y Samperio (2007). En este caso, los valores no mostraron una diferencia significativa, sin embargo, en otros estudios se ha indicado que la alimentación de las aves puede influir en el contenido de cenizas de carne y huevo (Grobas y Mateos, 1996). Los resultados indicaron que la suplementación no está influyendo en el contenido de cenizas, ésta aporta únicamente ácidos grasos y no minerales, por lo que el maíz y el alimento comercial (a base de cereales) son los que determinan el contenido de cenizas del huevo. Es necesario remarcar que en la etiqueta del alimento comercial se indica que éste se encuentra adicionado de calcio, fósforo y potasio; sin embargo, el contenido de cenizas fue estadísticamente similar a pesar de que las bases de las dietas tienen una composición diferente de cenizas.

**Tabla 13. Contenido de cenizas en huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes**

Muestra	% Cenizas	SD
D1	0.831 <sup>a</sup>	0.009
D2	0.857 <sup>a</sup>	0.003
D3	0.890 <sup>a</sup>	0.005
D4	0.866 <sup>a</sup>	0.052

Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95 %.  
 Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.  
 SD: desviación estándar de 3 réplicas.

### 6.4.3 Grasa

Una gallina en máxima producción excreta diariamente unos 6 g de grasa a través de la yema. El esfuerzo metabólico requerido para mantener el suministro de grasa para la formación de la yema se consigue mediante un organizado sistema de transporte y síntesis (Noble, 1987).

#### 6.4.3.1 Grasa total

El contenido de grasa en los huevos mostró un comportamiento similar al de este constituyente en la carne (tabla 14); es decir, los obtenidos de las gallinas suplementadas mostraron valores inferiores a sus respectivos controles (D1 vs D4 y D2 vs D3; tabla 11). La disminución del contenido de grasa fue más pronunciada cuando la dieta incluía alimento comercial y suplementación (D3). Esto confirma que tanto el alimento base como el aporte del aceite de hígado de bacalao de la dieta de las gallinas ponedoras son factores que influyen significativamente en el contenido de grasa de sus productos (carne y huevo; tablas 7 y 14), tal como lo indica Grobas y Mateos (1996) que menciona

que de los constituyentes del huevo, el componente lipídico es el más fácil de modificar mediante manipulación de la dieta.

**Tabla 14. Contenido de grasa en huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes**

Muestra	% Grasa	SD
D1	9.609 <sup>d</sup>	0.109
D2	9.571 <sup>c</sup>	0.239
D3	6.544 <sup>a</sup>	0.189
D4	8.046 <sup>b</sup>	0.173

Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95 %.  
 Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.  
 SD: desviación estándar de 3 réplicas.

Los valores determinados en todos los casos fueron inferiores a los reportados por Grobas y Mateos (1996), Fox y Cameron (2002) y Fálder (2005), que van de 10.9 a 12.1 % de lípidos, englobando ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados y colesterol.

Por tanto, la dieta al ser modificada con una fuente de grasa que proporciona ácidos grasos esenciales (suplementación con aceite de hígado de bacalao) originó una reducción en el nivel de grasa confirmando lo reportado por Mateos (1991); de que la composición lipídica del huevo en especial de la yema que es el lugar en donde mayor contenido de grasa presenta, se modificó manipulando la alimentación que recibían las aves.

#### 6.4.3.2 Cuantificación de ácidos grasos en huevo

La composición en ácidos grasos de la yema del huevo, particularmente su contenido en PUFA's, puede ser modificada mediante cambios en la dieta de la gallina. En este sentido Cruickshank (1934), encontró que la dieta interviene en la composición en ácidos grasos que presenta la grasa de la yema y que los PUFA's cambian las proporciones de los ácidos grasos presentes en la yema logrando de esta manera, manipular la composición de los lípidos de la yema para cubrir los requerimientos nutricionales de los humanos obteniéndose así lo que hoy en día se conoce como alimento funcional.

La composición de ácidos grasos contenidos en las yemas de huevos de gallinas ponedoras sometidas a las diferentes dietas se muestra en la tabla 15 y en las figuras 11 (D1), 12 (D2), 13 (D3) y 14 (D4); se observa que el ácido palmítico (C16:0), considerado como el precursor de los ácidos grasos insaturados y saturados de mayor tamaño; es el ácido graso más abundante en todas las dietas; seguido del ácido linoleico (C18:2n6c); y de DHA para el caso de las dietas D1, D3 y D4; lo que indica que la suplementación es una buena fuente de ácidos grasos omega-3 y omega-6. Sin embargo se observa de manera general que los grupos alimentados con maíz como dieta base (D1 y D4) presentan un mayor número de ácidos grasos respecto a los que en la dieta base se empleó alimento comercial (D2 y D3); lo que coincide con los resultados observados en carne.

Los resultados provenientes tanto de C16:0 como de ácido palmitoleico (C16:1), EPA y DHA para las dietas a base de maíz (D1 y D4) muestran que los huevos presentan un contenido bajo en C16:0, y contenidos altos en C16:1, EPA y DHA. Al comparar estos resultados con los obtenidos en la carne de los mismos grupos podrían indicar que la disminución en carne del C16:0 de D1 a D4 y de carne a huevo es el resultado de que una parte del C16:0 de la suplementación y de la dieta base se almacena en el tejido, otra porción se trasvasa al huevo y que alguna cantidad ha sido metabolizada, fungiendo el ácido palmítico como el precursor en la síntesis endógena de los ácidos grasos insaturados antes mencionados; ya que se producen interconversiones de los ácidos grasos mediante desaturaciones y elongaciones (Whitehead, 1984).

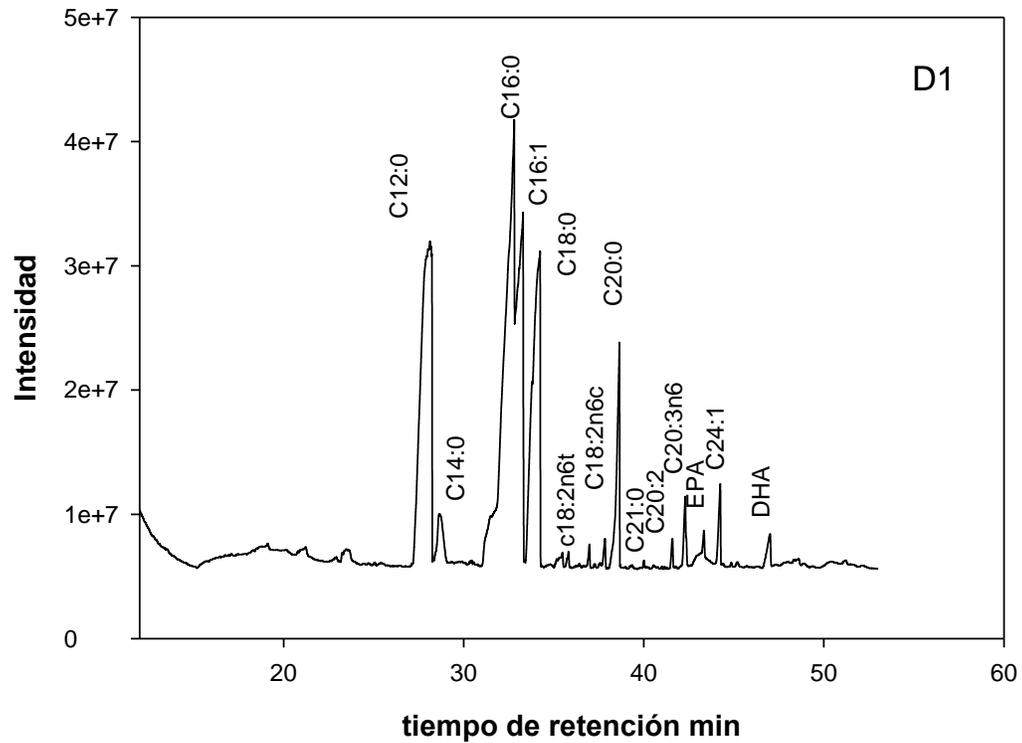


Figura 11. Cromatograma de la yema de huevo proveniente de la dieta D1

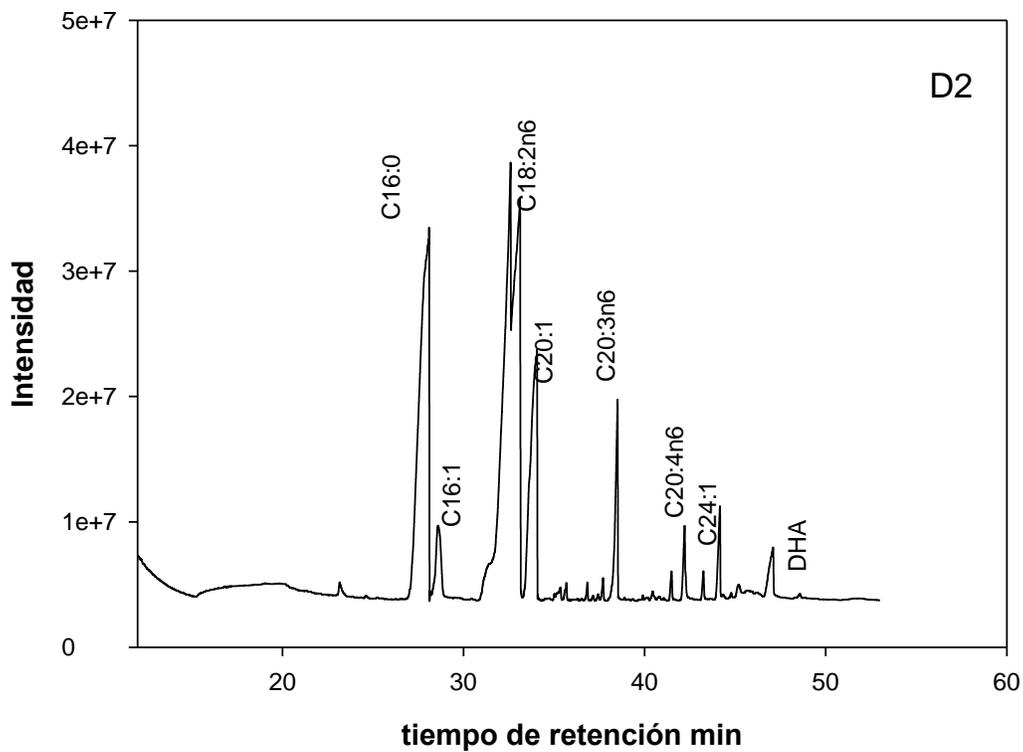


Figura 12. Cromatograma de la yema de huevo proveniente de la dieta D2

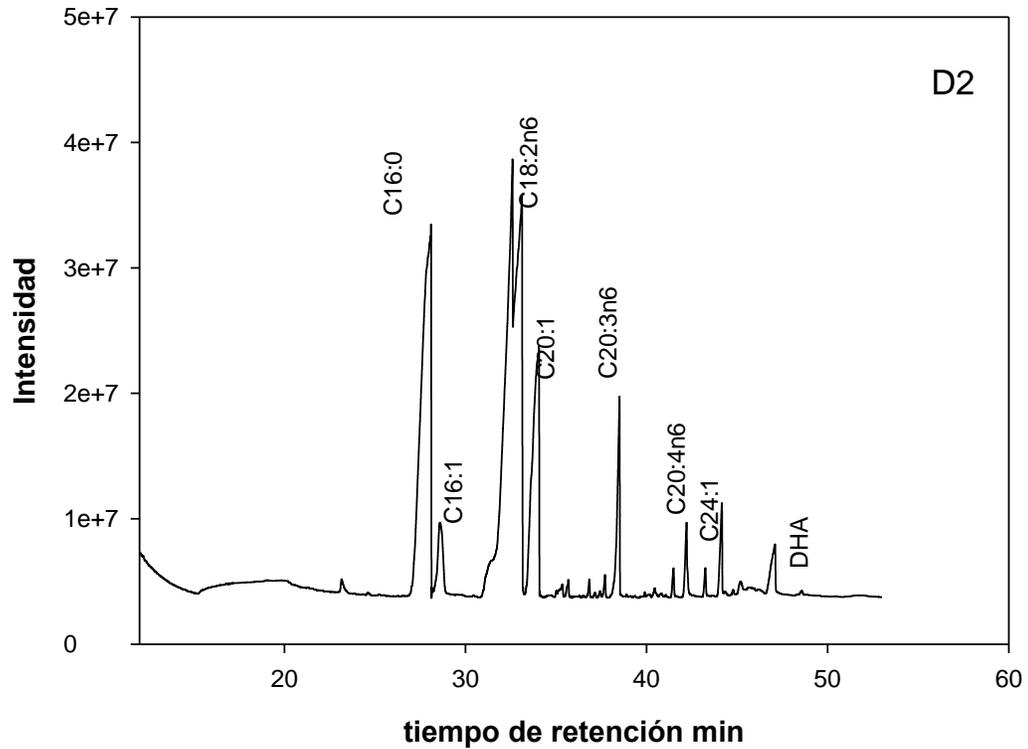


Figura 13. Cromatograma de la yema de huevo proveniente de la dieta D3

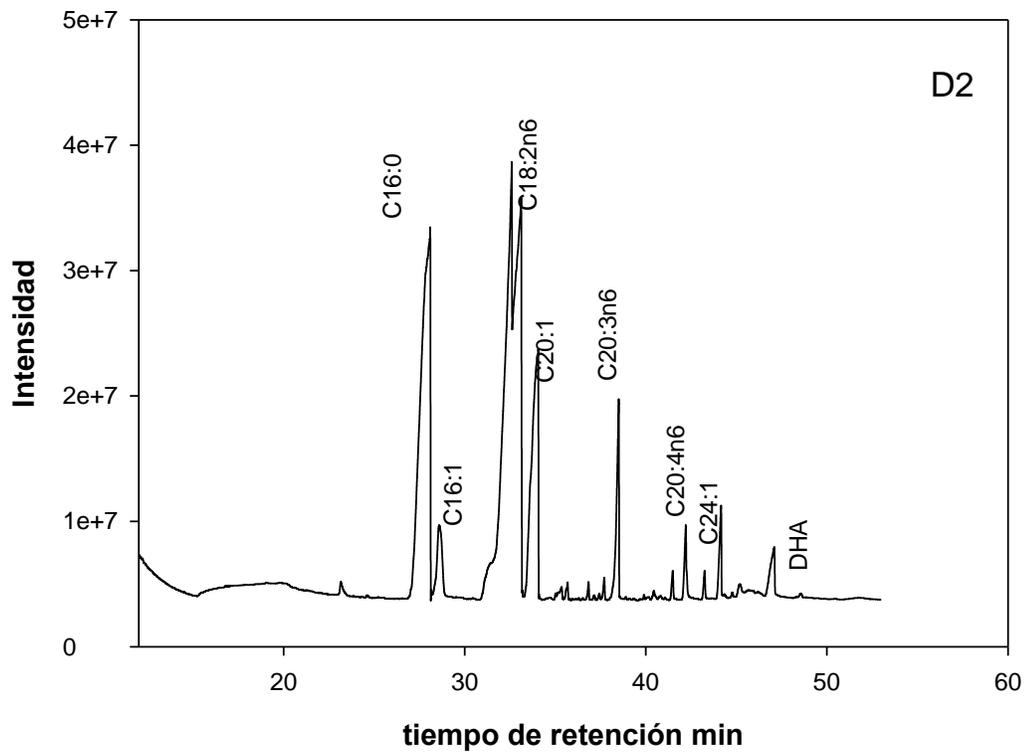


Figura 14. Cromatograma de la yema de huevo proveniente de la dieta D4.

Además de lo arriba mencionado el incremento del C16:1, EPA y DHA se ve favorecido de D1 a D4 por el contenido de los mismos en el aceite de hígado de bacalao utilizado en la suplementación.

**Tabla 15. Composición de ácidos grasos (mg/100g) de huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes**

Ácido graso	D1	D2	D3	D4	Literatura* (mg/100 g)
C12:0	126.39 <sup>b</sup>	NE	NE	1.53 <sup>a</sup>	
C14:0	26.78 <sup>a</sup>	NE	NE	NE	
C15:0	3.91 <sup>a</sup>	NE	NE	NE	
C16:0	52.51 <sup>a</sup>	4424.58 <sup>d</sup>	2871.51 <sup>c</sup>	55.76 <sup>b</sup>	
C16:1	2094.74 <sup>c</sup>	445.61 <sup>b</sup>	246.03 <sup>a</sup>	2315.88 <sup>d</sup>	
C17:1	NE	NE	2.91 <sup>a</sup>	NE	
C18:0	30.92 <sup>a</sup>	NE	NE	40.03 <sup>b</sup>	
C18:1n9t	NE	NE	NE	33.03 <sup>a</sup>	
C18:1n9c	NE	NE	NE	66.07 <sup>a</sup>	
C18:2n6t	411.37 <sup>a</sup>	NE	NE	457.40 <sup>b</sup>	
C18:2n6c	998.96 <sup>a</sup>	1277.24 <sup>d</sup>	1185.33 <sup>c</sup>	1133.85 <sup>b</sup>	14.98
C20:0	395.78 <sup>a</sup>	NE	NE	NE	
C18:3n3	NE	NE	NE	384.32 <sup>a</sup>	1.54
C20:1	62.53 <sup>b</sup>	68.01 <sup>c</sup>	88.69 <sup>d</sup>	20.06 <sup>a</sup>	
C21:0	8.30 <sup>c</sup>	NE	0.73 <sup>a</sup>	6.58 <sup>b</sup>	
C20:2	8.30 <sup>c</sup>	NE	0.73 <sup>a</sup>	6.58 <sup>b</sup>	
C20:3n6	22.61 <sup>a</sup>	47.77 <sup>d</sup>	36.38 <sup>bc</sup>	35.94 <sup>bc</sup>	
C20:3n3	7.60 <sup>a</sup>	NE	NE	9.92 <sup>b</sup>	
C20:4n6	NE	20.58 <sup>a</sup>	112.51 <sup>c</sup>	77.50 <sup>b</sup>	
C20:5n3 (EPA)	55.18 <sup>a</sup>	NE	215.28 <sup>c</sup>	103.24 <sup>b</sup>	1.57
C24:1	30.93 <sup>a</sup>	190.33 <sup>b</sup>	NE	NE	
C22:6n3 (DHA)	2115.02 <sup>c</sup>	20.72 <sup>a</sup>	1110.25 <sup>b</sup>	3162.30 <sup>d</sup>	0.89

Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95 %.

Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.

NE no encontrado.\*Fuente: Carnevale, y col., 2006. N.R. no reportado

Para el (C18:2n6c) los resultados muestran cuatro grupos de medias estadísticamente diferentes. Lo que indica que además de la suplementación tanto la dieta base como las

transformaciones originadas por el metabolismo del propio animal tienen un rol importante en el contenido final de los ácidos grasos.

Así se observa la misma tendencia de D1 a D4 que en carne (tablas 8 y 15). Aunque, para el caso del huevo el incremento es menor siendo únicamente del 11.90 %. Esto reafirma la teoría de que parte de los ácidos grasos provenientes de la dieta se incorporan a los productos de las aves, en tanto que otros se metabolizan; esto último se observa en D3 en el que a pesar de suplementar a las aves con el mismo aceite que para D4 e incrementar su contenido en carne la presencia de dicho ácido graso en huevo se reduce un 7.75 % respecto a su control D2 (tabla 15).

Este menor incremento del C18:2n6c de los grupos controles a los suplementados puede ser originado por su transformación en C20:4n6 por medio de la acción de enzimas elongasas y desaturasas (tablas 8 y 15).

**Tabla 16. Contenido de ácidos grasos clasificados por tipo, provenientes de la yema de huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes**

Ácido graso	D1	D2	D3	D4
<b>Sumatoria</b>	6451.82 <sup>b</sup>	6494.84 <sup>c</sup>	5870.35 <sup>a</sup>	7910.02 <sup>d</sup>
<b>Saturados</b>	644.59 <sup>b</sup>	4424.58 <sup>d</sup>	2872.24 <sup>c</sup>	103.91 <sup>a</sup>
<b>%AGS</b>	10.00	68.12	48.93	1.31
<b>Insaturados</b>	5807.23 <sup>c</sup>	2070.25 <sup>a</sup>	2998.11 <sup>b</sup>	7806.11 <sup>d</sup>
<b>%AGI</b>	90.00	31.88	51.07	98.69
<b>Monoinsaturados</b>	2125.67 <sup>c</sup>	635.93 <sup>b</sup>	248.94 <sup>a</sup>	2414.98 <sup>d</sup>
<b>%AGMI</b>	36.60	30.72	8.30	30.94
<b>Poliinsaturados</b>	3681.56 <sup>c</sup>	1434.32 <sup>a</sup>	2749.17 <sup>b</sup>	5391.12 <sup>d</sup>
<b>%PUFA's</b>	63.40	69.28	91.70	69.06
<b>n6</b>	1432.95 <sup>c</sup>	1345.59 <sup>ab</sup>	1334.22 <sup>ab</sup>	1704.69 <sup>d</sup>
<b>n3</b>	2177.79 <sup>c</sup>	20.72 <sup>a</sup>	1325.54 <sup>b</sup>	3659.79 <sup>d</sup>
<b>n9</b>	70.82 <sup>c</sup>	68.01 <sup>c</sup>	89.42 <sup>d</sup>	26.64 <sup>a</sup>
<b>n6:n3</b>	0.66 <sup>b</sup>	64.95 <sup>d</sup>	1.01 <sup>c</sup>	0.47 <sup>a</sup>
<b>AGI:AGS</b>	9.01 <sup>c</sup>	0.47 <sup>a</sup>	1.04 <sup>b</sup>	75.12 <sup>d</sup>

Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95 %.  
Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.

La inhibición de la síntesis endógena y la redistribución de las diferentes fracciones de ácidos grasos (saturados e insaturados) origina cambios en su contenido total en el huevo, como sucede en

la carne. Así, en D4 los ácidos grasos totales se incrementan en 22 % con respecto a D1; mientras que en D3 se reducen un 10 % respecto a D2, observándose que los cuatro grupos presentan diferencias estadísticamente significativas.

De acuerdo al Instituto Nacional Avícola, el contenido máximo aceptable de grasa saturada en huevos de gallina debe ser de 6.67 a 7.5 % (INA, 2010), esto indica que todas las muestras están por debajo del máximo aceptado, excepto las obtenidas de la D4, que presentan valores más elevados, sin embargo, esto es favorable porque es causado por la mayor proporción de ácidos grasos insaturados, tal y como lo muestra la tabla 16, lo que indica que es grasa de mejor calidad.

En cuanto a los contenidos de ácidos grasos saturados e insaturados, los contenidos encontrados en los huevos muestran cuatro grupos de medias significativamente diferentes observándose que la dieta base desempeña un rol importante en su contenido y que la suplementación disminuye significativamente la fracción de ácidos grasos saturados e incrementa también de manera significativa la fracción de ácidos grasos insaturados (tabla 16). El INA recomienda un contenido máximo de ácidos grasos saturados en huevos de gallina de entre 33.33 y 37.5 % (INA, 2010), en este sentido las dietas de maíz sin suplementar (D1) y suplementadas (D4) resultaron ser las mejores.

El incremento de la fracción de ácidos grasos insaturados fue originado por el aumento de los poliinsaturados, que en D4 fue del 32.69 % en relación a D1 y del 48.63 % para D3 en comparación con D2.

En la tabla 17 se observa claramente el efecto de la suplementación en el contenido de EPA y DHA de los huevos obtenidos. Así D4 incrementa 1.2% y 7% en EPA y DHA respectivamente al compararlo con su control (D1), en tanto que, D3 lo hace en 3% y 18% respecto a D2. Lo anterior sugiere que una dieta base con alimento comercial permite una mejor incorporación de estos ácidos grasos de la suplementación al huevo.

Los porcentajes obtenidos de la inclusión de EPA en los huevos provenientes de gallinas alimentadas con dietas suplementadas con aceite de hígado de bacalao se encuentran en los intervalos que han encontrado diferentes autores (0.013-10.75 %) con la suplementación con aceites tanto de origen animal (pescado) como vegetal, teniendo como fuente de ácidos grasos la linaza, el maní, el girasol, entre otros (Baucells y col., 2000; Grobas y col., 2001; Cherian y col., 2002; Galobart y col., 2002; Beynen, 2004; Kralik y col., 2008; Bölükbasi y col., 2010).

Con respecto a los porcentajes de DHA encontrados (0.06-6.13 %), éstos fueron superiores a los hallados previamente en otras investigaciones (Baucells y col., 2000; Grobas y col., 2001; Cherian y col., 2002; Galobart y col., 2002; Beynen, 2004; Kralik y col., 2008; Bölükbasi y col., 2010); estas diferencias son debidas a las fuentes de ácidos grasos utilizadas.

El incremento del EPA Y DHA ayuda a mejorar la proporción de ácidos grasos n6:n3, obteniéndose valores para las muestras de huevo de las diferentes dietas por debajo de la relación 10:1 recomendada por Simopoulos (2000), excepto D2 (dieta a base de alimento comercial), lo que sugiere que la suplementación del aceite de hígado de bacalao en la dieta de gallinas ponedoras permite obtener huevos más saludables al mejorar la calidad de su grasa por la reducción de los ácidos grasos saturados, el incremento de los insaturados y principalmente por la incorporación del EPA y DHA (tablas 16 y 17) que son los ácidos grasos de la familia omega 3 que mejores beneficios has mostrado para la salud humana.

**Tabla 17. Contenido de EPA y DHA (% con respecto al total de ácidos grasos) de huevos de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes**

Ácido graso	D1	D2	D3	D4
EPA (%)	0.08	NE	3.31	1.30
DHA (%)	32.78	0.32	18.91	39.98

D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao  
NE no encontrado.

#### 6.4.3.3 Colesterol

El alto contenido de colesterol en los huevos es debido a que su función primaria es mantener el desarrollo del embrión; además de actuar como componente estructural de las membranas celulares y como un precursor del sexo, hormonas adrenales, vitamina D y ácidos biliares (Griffin, 1993). El factor que determina el contenido de colesterol del huevo es el peso de su yema.

En la determinación del colesterol en huevos provenientes El análisis de varianza (ANOVA) mostró tres grupos estadísticamente diferentes (tabla 18). Las dietas bases (D1 y D2) fueron las que presentaron los niveles más altos de colesterol (no hubo diferencias entre ellas); sin embargo están dentro de los 410 a 500 mg de colesterol en huevo reportados por Grobas y Mateos (1996), Fox y Cameron (2002); por tanto el tipo de dieta base no tuvo influencia en este parámetro.

Para las dietas suplementadas D3 y D4 se observó una reducción del 8% y 6% en el contenido total de colesterol en relación a sus respectivos controles (D2 y D1), aspecto muy importante si se considera que Lesson y Zubair (1996) señalan que la disminución del colesterol en el huevo se logra sólo a través de la manipulación genética de los procesos que afectan a la síntesis de lipoproteínas y a su transporte a los folículos en desarrollo; más que por la suplementación o reducción de grasa en las dietas.

En investigaciones realizadas, se ha encontrado que niveles elevados de fibra, especialmente en alfalfa, reducen el nivel de colesterol en huevo; ya que si se reduce el contenido de grasa en la dieta puede provocar una reducción en los niveles de colesterol, pero trae consigo una reducción en la producción de huevos (Barroeta y Villalbi, 1992); contrario a lo que ocurrió en la experimentación; ya que la producción de los tratamientos suplementados (D3 y D4) fueron las que obtuvieron los mayor pesos en los huevos; además de una reducción en el contenido de colesterol en comparación con D2 y D1 respectivamente.

**Tabla 18. Contenido de colesterol en huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes**

Muestra	Colesterol (mg/g)	SD
D1	414.299 <sup>c</sup>	1.823
D2	415.365 <sup>c</sup>	3.535
D3	382.017 <sup>a</sup>	4.938
D4	387.992 <sup>b</sup>	1.990

Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95 %.  
 Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.  
 SD: desviación estándar de 3 réplicas.

Otro aspecto importante es que el nivel de colesterol varía entre especies y con la edad de la gallina (Barroeta y Villalbi, 1992), ya que las aves jóvenes no poseen las enzimas necesarias para su síntesis, lo cual perjudica el desarrollo del embrión si el huevo esta destinado para ello (Whiteside y Fluckinger, 1965).

Algunos estudios han demostrado que cuando se incluyen ácidos grasos omega-3 en la dieta de animales el contenido de colesterol y triglicéridos en sangre se ve disminuido. Lo que justificaría el decremento en el colesterol total en los huevos obtenidos de las gallinas suplementadas con aceite de hígado de bacalao (D3 vs D2 y D4 vs D1) que se sabe es una fuente importante de ácidos grasos omega-3 tipo EPA y DHA (Mataix, 2003).

#### 6.4.4 Proteína

El concepto de proteína ideal se refiere básicamente al balance exacto de los aminoácidos esenciales en la dieta, capaces de satisfacer, sin deficiencias ni excesos, las necesidades absolutas de todos los aminoácidos requeridos, expresando cada aminoácido como porcentaje en relación a otro aminoácido de referencia (Salvador y García, 2001).

Estos requerimientos no pueden ser aplicados a todas las aves bajo todas las circunstancias. Este problema puede ser superado expresando los requerimientos de aminoácidos como una relación ideal a la lisina. Bajo este concepto se asume que la relación ideal de aminoácidos indispensable a la lisina permanece largamente inafectada por la dieta, ambiente y factores genéticos (Schuttey De Jong, 1998).

Las gallinas ponedoras no tienen un requerimiento de proteína *per se*, sino de unos niveles y balance apropiados de los distintos aminoácidos. Los requerimientos de aminoácidos no deben ser vistos como una concentración fija en la dieta, más bien debería considerarse la relación del balance óptimo, así como la relación entre el consumo de aminoácidos y la producción de huevo.

El ANOVA realizado mostró cuatro grupos de medias estadísticamente diferentes. El menor contenido de proteínas fue el de los huevos de las gallinas alimentadas únicamente con maíz (D1), siendo igual al 12 % reportado por Fox y Cameron (2002).

En la tabla 19 se puede observar con claridad el efecto favorable que presentó la suplementación con el aceite de hígado de bacalao en el contenido de proteína, ya que, los huevos de los grupos D3 y D4 mostraron un incremento de aproximadamente el 2 y 3% respectivamente en comparación a sus controles (D2 y D1).

Stadelman y Pratt (1989) al revisar los factores que pueden modificar la composición del huevo indicaron que el nivel de proteína en el huevo aumenta ligeramente al incrementar la proteína y la

energía de la dieta; ya que la cantidad total dependerá del equilibrio en aminoácidos de la dieta; lo cual se ve reflejado en D2 y D3, las cuales tienen como base un alimento balanceado.

Sin embargo, una reduce el peso (Gráfico 10) y disminuye la concentración de todos los aminoácidos libres, lo cual se ve reflejado en el contenido total, como es el caso cuando se utiliza maíz como base de la dieta (Degussa, 2006).

**Tabla 19. Contenido de proteína en huevo de gallinas ponedoras alimentadas con 4 dietas diferentes**

Muestra	% Proteína	SD
D1	12.040 <sup>a</sup>	0.089
D2	14.660 <sup>b</sup>	0.163
D3	16.600 <sup>d</sup>	0.154
D4	14.910 <sup>c</sup>	0.219

Superíndices diferentes dentro de la misma columna, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95 %.  
 Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.  
 SD: desviación estándar de 3 réplicas.

## 6.5 Análisis sensorial en carne, huevo y agua de cocción

La calidad sensorial es uno de los componentes más destacados de la percepción de calidad en los consumidores de huevos y carne de aves (Hernández, 2005). En este sentido, el enriquecimiento de cualquier alimento implica cambios significativos en su composición química y propiedades físicas los cuales pueden alterar sus propiedades organolépticas (aroma, sabor, flavor) y, por tanto, su aceptabilidad por parte de los consumidores (Beorlegui y col., 2005).

Así, desde hace tiempo se conoce que la suplementación con aceite de pescado o con otras fuentes de AG  $\omega$ -3 (p. ej. el aceite de lino) como parte de la dieta convencional, perjudica la calidad sensorial del huevo y de la carne de aves (Van Elswyck, 1997, Noble, 1998; González-Esquerra y Leeson, 2001; Surai y Sparks, 2001); aportando un sabor y olor a pescado que se traduce en una baja calidad global de los productos obtenidos. Sin embargo, los resultados de esta investigación contradicen lo anterior debido a que no se observaron diferencias significativas en los atributos

sensoriales evaluados (color, olor, sabor y textura) de las muestras de pierna, pechuga, muslo, agua de cocción y huevo analizados. Lo anterior puede explicarse por la dosis utilizada (0.1047 g/gallina), ya que se ha comprobado que dosis de suplementación por encima del 1.5% de aceite de pescado modifican significativamente el sabor y olor de la carne y huevo de gallinas (Beorlegui y col. 2005 y Castillo y col., 2006).

En las tablas 20 y 21 se muestran algunas de las diferencias percibidas por los panelistas que acertaron al encontrar la muestra diferente. Se puede observar que, en general, los tratamientos D3 y D4 contribuyeron al mejoramiento del sabor y la textura ya que los jueces expresaron que la carne procedente de dichos tratamientos era más jugosa además de presentar notas cítricas o a especias que les resultaban agradables. La aparición de dichas notas puede deberse a que se utilizó vitamina E sabor naranja como antioxidante.

Resultados similares se observaron para el huevo ya que los suplementados presentaron mejor color, sabor, olor y textura, contrario a lo que reportan Beorlegui y col. (2005) quienes en huevos suplementados con ácido linoléico conjugado proveniente de aceites de pescado observaron una disminución en la aceptabilidad por parte de los catadores, relacionada con una alteración del olor (olor a pescado) y de la textura de la yema (gomosa y elástica). Respecto al agua de cocción, las diferencias en el sabor de los tratamientos D2 y D3 no fueron tan evidentes como para D1 y D4, ya que en este último tratamiento se percibió un sabor agradable mientras que D1 como insípido mientras que el olor fue semejante en todos los tratamientos. Sin embargo, el color de las muestras provenientes de las dietas suplementadas (amarillo claro) resultó más agradable. También se observó que los controles presentaron una consistencia grasosa desagradable.

**Tabla 20. Evaluación sensorial de D1 (maíz) vs D4 (maíz suplementado con aceite de hígado de bacalao)**

Atributo		Sabor	Color	Olor	Textura
	<b>Muestra</b>				
Pierna n= 7	D1		Tonalidad más oscura	SD	Dura y poco masticable
	D4	Notas a cítricos (naranja)		SD	
Muslo n= 3	D1		Oscuro	SD	Seca
	D4	Agradable		SD	Un poco grasosa
Pechuga n= 6	D1		Amarillo intenso		Seca y fibrosa
	D4	Buen sabor y ligeras notas a pescado	Tonalidad amarillo claro	Agradable	Mayor jugosidad
Agua de cocción n= 6	D1	Insípido			Grasosa
	D4	Agradable	Amarillo claro		
Huevo n= 9	D1			Atípico	Pastosa
	D4	Notas a cítricos y especias agradables		Agradable	Agradable

n= número de jueces que encontraron la muestra diferente; SD = sin diferencia

**Tabla 21. Evaluación sensorial de D2 (alimento comercial) vs D3 (alimento comercial suplementado con aceite de hígado de bacalao)**

Atributo		Sabor	Color	Olor	Textura
<b>Muestra</b>					
Pierna n= 5	D2	Insípida			Seca
	D3	Agradable	Agradable	Agradable	Jugosa
Muslo n= 5	D2		Oscuro	SD	Fibrosa
	D3	Notas a cítricos	Más claros	SD	Jugosa
Pechuga n= 5	D2		SD	SD	Seca
	D3	Notas a especias	SD	SD	Mayor jugosidad
Agua de cocción n= 4	D2	SD	Amarillo intenso	SD	Consistencia grasosa
	D3	SD	Amarillo claro	SD	
Huevo n= 8	D2		Yema amarilla		Poca firmeza
	D3	Notas a especias		Agradable	Mayor firmeza

n= número de jueces que encontraron la muestra diferente. SD = sin diferencia.

# Conclusiones

Sólo sé que no sé nada  
*Sócrates*

## 7. CONCLUSIONES

La suplementación de aceite de hígado de bacalao en la dieta de gallinas ponedoras permite obtener carne más saludable con un contenido menor de grasa total y mayor de proteína y de AG  $\omega$ -3 principalmente en forma de EPA y DHA.

La calidad sensorial y nutritiva de los huevos de gallinas ponedoras se favorece sustancialmente por la suplementación de aceite de hígado de bacalao en la dieta de estas aves ya que, se disminuye el contenido de grasa total, ácidos grasos saturados y colesterol, se incrementa el contenido de proteína, de ácidos grasos insaturados omega 3 principalmente en forma de EPA y DHA y se mejora la relación omega6:omega3.

La concentración de ácidos grasos saturados y ácidos grasos monoinsaturados en el tejido y huevo de las gallinas ponedoras dependen tanto de la aportación de la dieta como de la síntesis endógena, mientras que la de los poliinsaturados se obtiene exclusivamente de fuentes externas, dado que las gallinas ponedoras son incapaces de sintetizarlos.

Los parámetros productivos de las gallinas ponedoras se mejoran por la inclusión de aceite de hígado de bacalao en la dieta, obteniéndose aves y huevo con mayor peso.

Aún cuando con el alimento comercial como dieta base y la suplementación se obtiene carne más saludable, en huevo los resultados son superiores cuando las aves se alimentan con maíz y aceite de hígado de bacalao, por lo que ambas pueden usarse para mejorar nutricionalmente los productos avícolas.

La dosis utilizada de aceite de hígado de bacalao en las dietas de éste estudio no influyeron negativamente en las propiedades sensoriales de carne (pechuga, muslo y pierna), huevo y agua de cocción.

# Referencias

## 8. REFERENCIAS

- Ackman RG (1992). Fatty acids in fish and shellfish. USA. Pp 169-184
- Al MDM.; Van Houwelingen AC.; Kester ADM. (1995). Maternal essential fatty acid patterns during normal pregnancy and its relationship with the neonatal essential fatty acid status. *Brit J. Nutr.* 7:55-68.
- Ajuyah A., Lee K., Hardin R., Sim J. (1991). Changes in the yield and in the fatty acid composition of whole carcass and selected meat portions of broiler chickens fed full-fat oil seeds. *Poult Sci*; 70:2304-2314.
- Andersson, A., Nälsén, C., Tengblad, S., and Vessby, B. (2002). Fatty acid of skeletal muscle reflects dietary fat composition in humans. *Am J. Clin Nutr.* 76:1222-1229.
- 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. Universidad de Santiago de Compostela, España. Pp. 68-99.
- Anzaldúa-Morales Antonio (1994). Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Ed Acribia. Zaragoza, España.
- Anzurez, U. R. (2008). Publicidad Comercial en los Alimentos Funcionales. Procuraduría Federal del Consumidor.
- AOAC. Official methods of analysis. (1990). Nº 970.51. 15th Edition. Washington, DC: Association of Official Agricultural chemists.
- Arai S. (1996). Studies on functional foods in Japan. State of the art. *Biosci. Biotech. Biochem.* 60: 9-15.
- Aranibar, M.J., (1995). The Reduction of Fat Content in Broiler Carcass. Tesis de Maestría. Santiago de Chile.
- 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 en carnes de iguana, pollo y res. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* La Universidad del Zulia, Maracaibo Venezuela.
- Aro T, Tahvonen R, Mattila T, Nurmi J, Sivonen T, Kallio H (2000) Effects of season and processing on oil content and fatty acids of Baltic herring. *J. Agric Food. Chem.* 44: 585-589
- Ashes, J. R., Gulati, S. K. and Scott, T. W. (1995). The role of rumen-protected proteins and energy sources in the diet of ruminants. Page. 177 *in* Animal Science Research and Development:

- Towards a New Century. M. Ivan, 1ed. Ctr. Food Anim. Res., Agric. Agri-Food Canada, Ottawa, ON, Canada.
- Ashwell, M. (2001). Functional Foods: a simple scheme for establishing the scientific basis for all claims. *PublicHealthNutrition*, 4:859-863.
  - Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR (1997). Análisis sensorial. Recopilación de Normas UNE. Ed AENOR. España.
  - Astiasarán, I. y Martínez, A. (1999). Alimentos, Composición y Propiedades. Mc.Graw-Hill. Interamericana España, 1ª edición.
  - Aubourg SP, Medina I, Pérez- Martín R (1996). Polyunsaturated fatty acids in tuna phospholipids: distribution in the sn-2 location and changes during cooking. *J. Agric. Food. Chem.* 44: 585-589.
  - BaduiDergal Salvador (2006). Química de los alimentos. 4ª edición. Ed Pearson. México. 542 – 543 pp.
  - Barroeta, A.C. y Villalbi E. (1992) *XXIX Simposium de Avicultura World 's PoultrySci. Assoc., Sección Española*, pp. 149-166. Salamanca, España.
  - Bartov I. (1979). Nutritional factors affecting quantity and quality of carcass fat in chickens. *Fed Proc.* 38:2627-2630.
  - Baucells M. D., Crespo N., Barroeta A. C., López-Ferrer S., y Grashorn M. A. (2000). Incorporation of Different Polyunsaturated Fatty Acids into Eggs. Departament de Nutrició i Alimentació Animal, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193-Bellaterra, España, y Department of Poultry Science, Institute for Animal Husbandry and Breeding, University of Hohenheim, Garbenstr. 17, 70593-Stuttgart, Alemania.
  - Beynen A. C. (2004). Fatty acid composition of eggs produced by hens fed diets containing groundnut, soya bean or linseed. Department of Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine, Utrecht University, P.O. Box 80.152, NL-3508 TD Utrecht, The Netherlands.
  - Bölükbasi S. Canan, Erhan Kuddusi M. y Ürüsan H. (2010). The effects of supplementation of Bergamot Oil (*Citrus bergamia*) on egg production, egg quality, fatty acid composition of egg yolk in Laying hens. Ataturk University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Erzurum, Turkey. *J. Poult Sci.* 47:163-169.
  - Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72:248-254.

- Branden, L. y Carroll, K. (1986). Dietary polyunsaturated fats in relation to mammary carcinogenesis in rats. *Lipids*. 21: 285-288.
- British Nutrition Foundation. (1992). *Unsaturated Fatty acids: Nutritional and Physiological Significance*. London Chapman and Hall Ltd.
- Carbajal, S. G. (2000). Valor nutricional de la carne: res, cerdo y pollo. Corporación de fomento ganadero.
- Carnevale de Almeida J., Perassolo M. S., Camargo J. L., Bragagnolo N. y Gross J. L. (2006). Fatty acid composition and cholesterol of beef and chicken meat in Southern Brazil. Servicio de Endocrinología do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Universidad Federal do Rio Grande do Sul. Servicio de Patología Clínica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Universidad Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Ciencias de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidad Estadual de Campinas.
- Carrero, J.; Martín-Bautista, E.; Baró, L.; Fonollá, J.; Jiménez, J.; Boza, J. y López-Huertas, E. (2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutr. Hosp.* 20(1):63-69.
- Cherian G., Holsonbake T. B., y Goeger M. P. (2002). Fatty Acid Composition and Egg Components of Specialty Eggs. Department of Animal Sciences, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331-6702 *Poultry Science* 81:30–33
- Chow KC (1992). *Fatty acids in foods and their health implications*, Marcel Decker; USA. 1045 pp.
- Connor WE (1999). Alfa-Linolenic acid in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 69: 827-828.
- Connor WE., Lowensohn R., Hatcher I. (1996). Increased docosahexaenoic acid levels in human newborn infants by administration of sardines and fish oil during pregnancy. *Lipids* 31:S183-S187.
- Cortinas Hernández L. (2004). Niveles de ácidos grasos poliinsaturados y  $\alpha$ -tocoferol en el pienso de broilers: equilibrio entre la composición lipídica y la estabilidad oxidativa de la carne. Tesis Doctoral en veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Cortinas L., Villaverde C., Galobart J., Baucells M.D., Codony R., y Barroeta A (2004). Fatty Acid Content in Chicken Thigh and Breast as Affected by Dietary Polyunsaturation Level. Universidad Autónoma de Barcelona, Department of Animal and Food Science, Bellaterra, España; y Universidad de Barcelona, Department of Nutrition and Food Science-CeRTA, Barcelona, España *Poultry Science* 83:1155–1164

- Costello, L. J. A. y Sole G. V. (1975) Manual practico de avicultura. Real Escuela Oficial y Superior de Avicultur. 1º Edición, Barcelona, España.
- Crespo N, y Esteve-García E. (2002). Nutrient and fatty acid deposition in broilers fed different dietary fatt acid profiles. *Poult Sci*; 81:1533-1542.
- Cruickshank, E.M. (1934) *Biochem. J.* 28, 965-2977.
- Damron, B.L.; Sloan, D.R. y García L J.C. (2001). Nutrición para pequeñas parvadas de pollo. Institute of Food and Agricultural Sciencies. University of Florida. USA.
- Degussa (2006). Recommendations for total amino acids in laying hen. Nutritional and Technical support. Germany.
- Delbecchi L., Ahnadi E. C., Kennelly J.J., and Lacasse P. (2001). Milk FattyAcid Composition and Mammary Lipid Metabolism in Holstein Cows FedProtected or Unprotected Canola Seeds. *J. Dairy Sci.* 84:1375-1381.
- Dhellot, J.; Matouba, E.; Maloumbi, M.; Nzikou, J.; SafouNgoma, D.; Linder, M.; Desobry, S., y Parmentier, M. (2006). Extraction, chemicalcomposition and nutritional characterization of vegetable oils: Case of *Amaranthushybridus*(var 1 and 2) of Congo Brazzaville. *African Journal ofBiotechnology.* 5 (11): 1095-1101.
- Diplock, A.; Aggett, P.; Ashwell, M.; Bornet, F.; Fern, E. y Roberfroid, M. (1999). Scientific concepts of functional foods in Europe:consensus document. *Br J Nutr.* 81:S1-S27.
- Dupont J (1999) Fats and oils. En Sadler M. *Encyclopedia of Human Nutrition* Academic Press. USA. pp 719-729
- Dyerberg, J. (1986). Linolenate-derived polyunsaturated fatty acids and prevention of atherosclerosis. *J. Nutrition Review.* 44:125-134.
- Enser, M. (1984) En: *Fats in animul nutrition.* Ed Wiseman, J. pp. 23-51. Butterworths. Londres.
- Espinoza Manfugás Julia (2007). Evaluación sensorial de los alimentos. Editorial Universitaria, La Habana, Cuba.
- Estados productores de huevo para plato. (2008). Unión Nacional de Avicultores, México.
- Fálder Rivero, A. (2005). Huevos. *Enciclopedia de los alimentos.* Madrid, España (online). Disponible en: <http://www.mercasa.es/nueva/revista/pdf79/enciclopedia.pdf>
- FAO/OMS (1997). Grasas y aceites en la nutrición humana. Organización Mundial de la Salud. 168 pp.

- Fellenberg, M. A. (2008). Carne de pollo. Importancia y prevención de su oxidación. Agronomía y Forestal UC.
- Ferreira de Castro, F. (1999) Gordura da carne bovina e saude humana. I Parte. Pecuaria de Corte.
- Flores A. (1994). Programas de alimentación en avicultura: ponedoras comercial. Madrid, España
- Folch, J.; Less, M.; y Sloane-Stanley, G. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226:497–509.
- Forrest, J.C., E. D. Aberle, H.B. Hedrick, M.D. Judge y R. Merkel (1979). Fundamentos de ciencia de la carne. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Fox B. y Cameron A. (2002). Ciencia de los alimentos, nutrición y salud, Editorial Limusa.
- FUFLOSE, International Life Sciences Institute - ILSI Europe. Scientific concepts of functional foods in Europe. Consensus Document. Br J Nutr 1999; 81: 1S-27S.
- G. Kralik G., Škrtic Z., Suchý P., Straková E., Gajčević Z. (2008) Feeding Fish Oil and Linseed Oil to Laying Hens to Increase the n-3 PUFA of Egg Yolk. Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agriculture, Osijek, Croatia. University of Veterinary and Pharmaceutical Sciences, Brno, Czech Republic.
- Galobart J., Barroeta A. C., Cortinas L, Baucells M. D., y Codony R. (2002). Accumulation of  $\alpha$ -Tocopherol in Eggs Enriched with  $\omega$ 3 and  $\omega$ 6 Polyunsaturated Fatty Acids. Departamento de Nutrición y Alimentación Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Autónoma de Barcelona. Poultry Science 81:1873–1876
- Griffin, H.D. (1993) En: *Proc. 5th European Symp. on the Quality of Eggs and Egg Products* Ed. Y. Nys. pp. 378-383. Tours. Francia.
- Grobas S. y Mateos G. (1996). Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. Universidad Politécnica de Madrid.(online). Disponible en [http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/96capituloXII\\_1.pdf](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/96capituloXII_1.pdf)
- Grobas, S., Méndez J., Lázaro R., De Blas C., y Mateos G.G. (2001). Influence of Source and Percentage of Fat Added to Diet on Performance and Fatty Acid Composition of Egg Yolks of Two Strains of Laying Hens. Departamento de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid y COREN, Sociedad Cooperativa Limitada, 32003 Orense, España. Poultry Science 80:1171–1179

- Harbige LS (1998) Dietary  $\omega$ -6 and  $\omega$ -3 fatty acids in immunity and autoimmune disease. *Proc. Nutri. Soc.* 57: 555-562.
- Hasler CM (2000). The changing face of functional foods. *J. Am. Coll. Nutr.* 19: 499S-506S.
- Hermier D., Quignard-Boulangé A., Dugail I., Guy G., Salichon M. R., Brigand L., Ardouin B., Leclercq B. (1989). Evidence of enhanced storage capacity in adipose tissue of genetically lean and fat chickens. *J. Nutr.* 119:1369-1375
- Hibbeln, J. (1998). Consumption and major depression. *Lancet.* 351:1213. Hirai, A., T. Hamazaki, y T. Terano. (1980). Eicosapentaenoic acid and platelet function in Japanese. *Lancet.* II: 1132.
- Horowitz, W. (1984). *Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, Washington, DC.
- Huevo. Producción nacional (2006) Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA, México.
- Instituto Nacional Avícola (2010). Composición del huevo. Disponible en <http://www.institutonacionalavicola.org.mx/>.
- Jacobs, M. (1973). *Chemical Analysis of food and food products* Ed. D. Van Nostrand Co. New York.
- Jenkins, T.; Blateman, H.; y Block, S. (1996). Butyl-soyamide increases unsaturation of fatty acids in plasma and milk of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:585.
- Kang, J.; Wang, J.; Wu, L.; y Kang, Z. (2004). Fat-1 mice convert n-6 to n-3 fatty acids. *Nature.* Vol 427, pp 504.
- Kinsella, J. (1986). Food components with potential therapeutic benefits:  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids of fish oils, *Food Technology.* 40 (2):89-97.
- Kremer, J.; Jubiz, W.; y Michalek, A. (1987). Fish oil supplementation in active rheumatoid arthritis. A double-blinded, controlled, cross-over study. *Ann. Intern. Med.* 104: 497.
- Kris-Etherton PM, Shaffer TD, Yu-PothS, Huth P, Moriarty K, Fishel V, Hargroe RL, Zhao G, Etherton TD (2000) Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. *Am. J. Clin. Nutr.* 71:179S-88S.
- Lawrie, R.A. (1991) *Meat science* 5<sup>a</sup> edition: Pergamon Press Oxford
- Leaf, A. y Weber, P. (1987). A new era for science in nutrition. *Am. J. Nutr.* 45 (suppl.): 1048-1053.

- Leeson S. y Zubiari A. K. (1996). Efectos sobre la salud del consumo de huevos enriquecidos en ácidos grasos omega-3 y vitaminas. Dept. of Animal and Poultry Science University of Guelph, Ontario Canadá.
- Lewis NM, Seburg S, Flanagan NL (2000) Enriched Eggs as a Source of  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids for humans. *Poultry Sci.* 79: 971-974.
- Liu KeShum, Brown EA (1996). Fatty acid composition in newly differentiated tissues of soybean seedlings. *J. Agric. Food Chem.* 44: 1395-1398.
- López-Ferrer, S. Baucells MD., Barroeta A., Grashorn M. A..(1997).  $n$ -3 Enrichment of Chicken Meat Using Fish Oil: Alternative Substitution with Rapeseed and Linseed Oils. Department of Ciencia Animal i dels Ailments, Facultat de Veterinaria, Universitat Autònoma de Barcelona, E-08193 Bellaterra, España y Department of Poultry Science (470), University of Hohenheim, Garbenstr. 17, D-70593 Stuttgart, Alemania. *Poultry Science* 78:356–365
- López-Ferrer, S. Baucells MD., Barroeta A., Galobart J.(2001).  $n$ -3 Enrichment of Chicken Meat. 2. Use of Precursors of Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids: Linseed Oil. Department of Ciencia Animal i dels Ailments, Facultat de Veterinaria, Universitat Autònoma de Barcelona, E-08193 Bellaterra, España y Department of Poultry Science (470), University of Hohenheim, Garbenstr. 17, D-70593 Stuttgart, Alemania. *Poultry Science* 80:753–761
- Mantzioris, E.; Cleland, L.; Gibson, R.; Neumann, M.; Demasi, M.; y James, M. (2000). Biochemical effects of a diet containing foods enriched with  $n$ -3 fatty acids. *Am J Clin Nutr.* 72:42-48.
- Marriott BM (2000). Functional foods: an ecologic perspective. *Am J Clin Nutr* 2000; 71(6 Suppl):1728S-34S.
- Mataix, J. Lípidos Alimentarios. En: Mataix J. y A. Gil. Libro blanco de los omega-3 “Los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y monoinsaturados tipo oleico y su papel en la salud” Ed. Puleva Food. Granada. 2003. pp. 14-32.
- Mateos, G.G. (1991) En: *Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras*. Eds. de Blas, C. y Mateos, G.G. pp. 226-263. MAPA. Madrid. AEDOS. Barcelona. Mundi-Prensa. Madrid.
- Mehta, J.; López, L.; Lowton, D.; y Wargovich, T. (1988). Dietary supplementation with omega-3 polyunsaturated fatty acids in patients with stable coronary disease. Effects on indices of platelet and neurophil function and exercise performance. *Am. J. Med.* 84:45-52.

- Meilgaard, C. M.; Civille, V. G. y Carr, B. T. (1999) Sensory evaluation techniques. CRS press, New York.
- Metcalfe, L. D., and A. A. Schmitz. 1961. Preparation of Fatty Acid Esters for Gas Chromatography Analysis. *Anal. Chem.* 33: 363-364
- Michella SM, Slaugh BT (2000) Producing and marketing a specialty egg. *PoultrySci.* 79: 975-976.
- Monografía pollo, SAGARPA (2009) Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial de la carne de pollo en México. Financiera rural. México.
- Mourot J. y Hermier D. (2001) Lipids in monogastric animal meat. *Reprod Nutr Dev*; 41: 109-118.
- Muriana, G. F. J (2003). Metabolismo de los ácidos grasos. Libro blanco de los omega-3 “Los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y monoinsaturados tipo oleico y su papel en la salud” Ed. Puleva Food. Granada.pp. 35-47.
- Nestel, P. (1990). n-3 fatty acids, cardiac function and cardiovascular survival, Paper presented at the 2nd International Conference on the Health Effects of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Seafoods. Marc 20-30, Washington, DC.
- Neuringer, M.; Anderson, G.; y Conner, W. (1988). The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain. *Ann. Rev. Nutr.* 8: 817-821.
- Niinivaara, F.P. y Antilla, P. (1973) El valor nutritivo de la carne. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Nitsan Z, Mokadi S, Sukenik A (1999) Enrichment o poultry products with  $\omega$ -3 fatty acids by dietary supplementation with the alga *Nannochloropsis* and Mantur oil. *J. Agric. Food Chem.* 47: 5127-5132.
- Noakes, M., Nestel, P. J., and Clifton, P. M. 1996. Modifying the fatty acid profile of dairy products through feedlot technology lowers plasma cholesterol of humans consuming the products. *Am. J. Clin. Nutr.* 63:42-44.
- Noble, R.C. (1987) En: *Egg Quality - Current Problems and Recent Advances*. Ed. Wells, R.G. y Belyavin. pp. 159-117. Butterwoths. Londres.
- Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995. Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.

- Norma oficial mexicana. NOM-159-SSA1-1996. Bienes y Servicios. Huevo, sus productos y derivados. Disposiciones y especificaciones sanitarias.
- Pedrero, F. (2000). Evaluación sensorial de los Alimentos, métodos analíticos. Ed. Alambra Mexicana, S.A. México.
- Pérez Buriel J., Gutiérrez L. y Guacarán P. (1995). Niveles de grasa cruda en dietas para pollos de engorde. Escuela de Zootecnia, Universidad de Oriente, Jusepín, Estado Monagas. Venezuela.
- Phillipson, B.; Rothrock, D.; Conner, W.; Harris, W.; y Illingworth, D. (1985). Reduction of plasma lipids, lipoproteins and apoproteins by dietary fish oils in patients with hypertriglyceridemia. *New Eng. J. Med.* 312: 1210-1216.
- Pró, M. A., Neri, O. y Cuca, G. M. (1971) Estudios comparativos del maíz opaca-2 y maíz normal y el efecto de la suplementación de lisina en dietas para pollos en iniciación. *Tic. Peco. Méxi.* No.15-16: 4-20.
- Quintana López José Antonio. (1991) Avitecnia. Ed. Trillas, 2ª edición, México pp 305.
- Refsgaard HHF; Brockhoff PMB, Jensen B (2000) Free polyunsaturated fatty acids cause taste deterioration of salmon during frozen storage. *J. Agric. Food. Chem.* 48: 3280-3285.
- Report of the British Nutrition Foundation's Task Force. (1999). n-3 fatty acids and health. The British Nutrition Foundation. Chapman & Hall. New York & London.
- Ruperez, F.; Barbas, C.; Castro, M.; Martínez, S.; y Herrera, E. (1998). Simplified method for vitamin E determination in rat adipose tissue and mammary glands by highperformance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A.* 823: 483-487.
- Salvador, T. y García, I. 2001. Formulación de raciones con aminoácidos digeribles en especies no rumiantes. <http://comunidad.uach.mx/fsalvado/AMINOACIDOS%20DIGESTIBLES.doc>
- Samperio, J. M. (2007). El huevo como alimento funcional. (online). Disponible en <http://www.usapeec.org.mx/home/docs/DiadelHuevo.pdf>
- Schmidt, E.; Christensen, J.; Aardestrup, I.; Madsen, T.; Riahi, S.; Hansen, V.; Skou, H.; (2001). Marine n-3 fatty acids: basic features and background. *Lipids.* 36:65S-8S.
- Schutte, J. B. y De Jong. J. (1998). Ideal amino acid profile for poultry. TNO Nutrition and Food Research Institute, Dept. of Animal Nutrition and Physiology (ILOB), Wageningen, The Netherlands.

- Scott C., Cohen N., Riggio P., Weber G. (1982). Gas chromatographic assay of the diastereomeric composition of *all-rac- $\alpha$ -tocopheryl* acetate. *Lipids*; 17:97-101.
- Shahidi, F. (2000) Lípidos y proteínas funcionales del pescado. En Mazza G. Alimentos funcionales "Aspectos bioquímicos y de procesado". Ed. Acribia. España. pp. 379-400.
- Silveira R. M.B., Monereo M. S. y Molina B. B. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima Servicio de Endocrinología y Nutrición. Hospital Universitario de Getafe. Madrid, España.
- Simopoulos AP (1986) Purslane: a terrestrial source of omega-3 fatty acids. *New England J. of Med.* 315: 883.
- Simopoulos AP (1989) Omega-3 fatty acids in eggs from range-feed greek chickens *New England J. of Med.* 321: 1412.
- Simopoulos AP (1999). Essential fatty acids in health and chronic disease. *Am. J. ClinNutr.* 70:560s-569s.
- Simopoulos AP, Kifer RR; Martín RE, Barlow SM (1991). Health affects of  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids in seafoods. *World Review of Nutrition and Dietetics*. Vol. 66. Karger. Suiza. 592 pp
- Simopoulos, A. (2000). Symposium: Role of poultry products in enriching the human diet with n-3 PUFA. Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science* 79: 961-970.
- Singh, G. y Chandra, R. (1988). Biochemical and cellular effects of fish and fish oils. *Prog. FoodNutr. Sci.* 12: 371-419.
- Torre, H. P. (1999) Base científica del análisis sensorial. XV Jornadas Lactológicas sobre Innovación Tecnológicas y Análisis Sensorial. Santander España
- Trautwein, E. (2001). n-3 fatty acids-physiological and technical aspects for their use in food. *Eur J Lipid sci Technol.* 103:45-55.
- Uauy BR, Valenzuela A (1992). Marine oils as a source of omega-3 fatty acids in the diet: how to optimise the health benefits. *Prog. Food. Nutri. Sc.* 16: 199-243.
- Uauy, R.; Peirano, P.; Hoffman, D.; Mena, P.; y Birch, E. (1996). Role of essential fatty acids in the function of developing nervous system. *Lipids.* 31:167S-176S.
- Vaughn D. y Reinhart, G. (1994). Evaluation of effects of dietary n-6:n-3 fatty acid ratios on leukotriene B synthesis in dog skin and neutrophils *Vet. Dermatology.* 5:163.
- Villanueva, s. (2003) Curso elemental para líderes de Evaluación Sensorial. Centro de Investigaciones en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. A. C. (CIATEJ).

- Whitehead, C.C. (1984) En: *Fats in animal nutrition*. Ed Wiseman, J. pp. 153-166. Butterworths. Londres.

**Anexos**

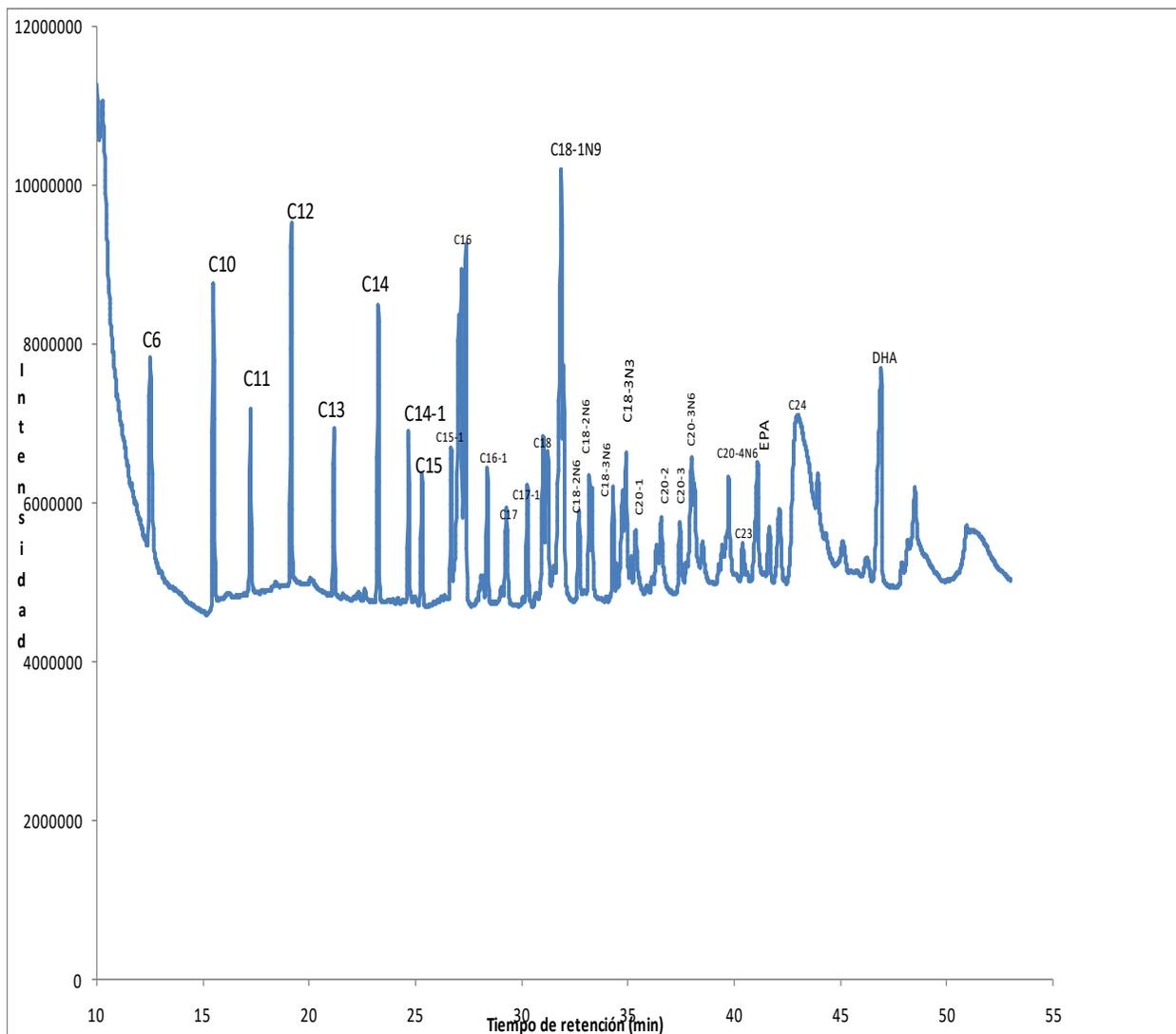
## 9. ANEXOS

1. **Análisis económico del costo de la alimentación y suplementación con aceite de hígado de bacalao para la producción de carne y huevo con diferentes dietas por gallina**

<b>Etapa</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>
<b>Crecimiento</b>	\$ 23.75	\$ 41.87	\$ 212.59	\$ 191.52
<b>Postura</b>	\$ 93.84	\$ 167.30	\$ 342.84	\$ 266.88

Nota: D1 Maíz, D2 Alimento comercial, D3 Alimento comercial + Aceite de hígado de bacalao, D4 Maíz + Aceite de Hígado de bacalao.

## 2. Cromatograma del estándar de ácidos grasos



### 3. Ficha de cata utilizada en la prueba triangular



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería  
Lic. de Química en Alimentos



Nombre: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Producto: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

<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 agua para enjuagar la boca después de cada muestra.</p>			
Juego n°	Clave	Clave	Clave

**¡Gracias!**