

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUIMICA.

**“CONCENTRACIÓN DE COLESTEROL Y ÁCIDOS GRASOS
OMEGA 3 EN EL HUEVO DE GALLINAS ALIMENTADAS
CON ALGAS MARINAS Y ACEITE DE PESCADO.”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL

TITULO DE:

QUÍMICO DE ALIMENTOS

P R E S E N T A:

LÓPEZ ROCHA EDGAR



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado:

Presidente Prof. Lucía Cornejo Barrera
Vocal Prof. Luz Sandra Sánchez Del Ángel
Secretario Prof. Silvia Carrillo Domínguez
1er Suplente Prof. Rosa María Argote Espinosa
2do. Suplente Prof. José Mendoza Balanzario

Lugar de trabajo:

Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.
Departamento de Nutrición Animal.

Asesor:

M. en C. Silvia Carrillo Domínguez _____.

Supervisor Técnico:

M. en C. Rosa Ma. Castillo Domínguez _____.

Sustentante:

Edgar López Rocha _____.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Fernando Pérez-Gil Romo, Jefe del Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ). Por su apoyo y facilidades brindadas durante mi estancia en el departamento de Nutrición Animal.

Al Dr. Ernesto Ávila González, Director del Centro Experimental de Investigación y Extensión Avícola (CEIEPA), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, por su apoyo para la realización del ensayo con las aves.

A la Dra. Margarita Casas Váldez, Jefe del Laboratorio de Macroalgas, del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional, en La Paz, Baja California Sur, México, por proporcionar las algas marinas empleadas en este estudio..

Al Sr. Ariel Casterón de la Aceitera “Suprema” de Guaymas, Sonora, México por proporcionar el aceite de sardina empleado en este estudio.

Al Dr. Benjamín Fuente Martínez y Dr. Tomás Jiménez Méndez, del CEIEPA, por su apoyo durante el ensayo experimental con las aves.

A la M. en C. María Elena Carranco J., a la M en C. Rosa María Castillo Domínguez, y principalmente a mi asesora M. en C. Silvia Carrillo Domínguez, por sus enseñanzas y paciencia, así como su participación en la conclusión de esta tesis, pero sobre todo por su amistad brindada durante la realización de esta tesis.

A todo el departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Nutrición y Ciencias Médicas Salvador Subirán.

A Víctor Hugo Ríos, Hiram Ruiz, Miriam Poblano, Benjamín por su apoyo y compañía en el laboratorio.

A todos los que en algún momento de su vida dentro y fuera de la Facultad de Química, así como de la Preparatoria "2" Erasmo Castellanos Quinto, tuvieron a bien regalarme un poco de su tiempo y compañía, así como de su amistad y tolerancia, a todos ellos que siempre tendrán un lugar especial en mi vida.

A María del Rosario Rodríguez Carrera, Mario Nolasco Ortiz, Adriana Tenorio Luna y Carlos, por su apoyo para la realización del ensayo con las aves.

A mis padres por haberme dado la vida, y por ayudarme a ser una mejor persona, quienes siempre me han alentado para conseguir las metas que me he propuesto a través la vida.

A mi novia Alejandra Gómez Mata por brindarme amor, tiempo, cariño, amistad, y tantas cosas que no sabría como agradecer.

A la Honorable, y para mi, heroica UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, y especialmente a la grandiosa FACULTAD DE QUÍMICA, por ser proveedora de tantos y tantos conocimientos, y desde luego sentimientos que sólo nuestra Universidad puede dar.

También agradezco a Dios y a la vida por permitirme vivir este momento, por ser la persona que soy, y estar con las personas que quiero.

"Empieza por hacer lo necesario, luego lo que es posible y de pronto te encontrarás haciendo lo imposible". San Francisco de Asís.

DEDICATORIAS

A mis abuelos:

Pedro Rocha Galicia, María Cruz Juárez Sánchez, Roberto López Granados, Felipa Rosas Álvarez (q. e. p. d.)

A mis Padres:

María Sofía Hortensia Rocha Juárez y Roberto López Rosas.

A mis Hermanos:

Roberto y Alejandro López Rocha.

A mi novia

Alejandra Gómez Mata.

A Todos mis familiares:

Primos y primas, tíos y tías, sobrinos y sobrinas, así como a mis familiares políticos.

A todos mis amigos:

Los de la Facultad de Química y la Preparatoria "2" entre otros.

A todos aquellos que han creído en mí.

Índice

	Página.
Lista de figuras	
Lista de cuadros	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	
2.1 Situación del estado de salud y nutrición.....	3
2.2 Generalidades sobre el huevo de gallina.....	5
2.2.1 Estructura y formación del huevo.....	5
2.2.2 Valor nutritivo del huevo.....	11
2.2.3 Producción de huevo en México	15
2.2.4 Precio del huevo.....	17
2.2.5 Propiedades funcionales del huevo	18
2.2.6 Razones por las que el huevo de gallina es una excelente alternativa para hacer llegar los beneficios de los AG ω 3 a la población	19
2.3 Ácidos grasos omega 3	
2.3.1 Clasificación de los ácidos grasos.....	20
2.3.2 Nomenclatura.....	22
2.3.3 Beneficios de los ácidos grasos omega 3 (AG ω 3).....	22
2.3.4 Fuentes de ácidos grasos omega 3 (AG ω 3).....	23
2.3.5 Síntesis de ácidos grasos.....	24
2.3.6 Oxidación (degradación ó β -oxidación) de los ácidos grasos.....	24
2.3.7 Ingredientes utilizados para incrementar el contenido de AG ω 3.. en el huevo.	26
2.3.7.1 Aceites de pescado.....	26
2.4 Colesterol	
2.4.1 Estructura.....	30
2.4.2 Propiedades físico-químicas.....	30
2.4.3 Funciones del colesterol.....	31
2.4.4 Origen del colesterol en plasma.....	31
2.4.5 Síntesis de colesterol endógeno.....	32

2.4.6	Métodos utilizados para reducir el colesterol en el huevo de.....	33
	gallina.	
2.4.6.1	Algas marinas.....	35
2.5	Metabolismo de lípidos en las aves.	
2.5.1.	Absorción y digestión de las grasas.....	42
3.	JUSTIFICACIÓN.....	45
4.	OBJETIVOS.....	46
5.	HIPÓTESIS	47
6.	MATERIALES Y MÉTODOS	
6.1	Obtención del aceite de sardina.....	48
6.2	Recolección y procesamiento de las algas marinas utilizadas en	48
	este estudio	
6.3	Formulación y preparación de las dietas.....	50
6.4	Ensayo experimental con las aves.....	52
6.5.	Medición de variables productivas.....	52
6.6	Evaluación de la calidad física del huevo.....	53
6.7	Cuantificación de colesterol, lípidos totales y ácidos grasos	55
	en el huevo.	
6.8	Evaluación de las características organolépticas del huevo	55
6.9	Análisis estadístico.....	57
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
7.1	Composición en ácidos grasos en el aceite de sardina.....	58
7.2	Composición química y lípidica de las harinas algales.....	59
7.3	Composición química de las dietas experimentales.....	61
7.4	Variables productivas.....	61
7.5	Calidad física del huevo	63
7.6	Composición lípidica del huevo.....	72
7.7	Características organolépticas del huevo.....	84
8.	CONCLUSIONES.....	87
9.	LITERATURA CITADA.....	89
10.	Anexos	102

Palabras Clave: Alimentos, Huevo, Gallina, Algas, Aceite, Sardina, Colesterol, Omega 3, sensorial.

I. INTRODUCCIÓN.

Dentro de las diez primeras causas de muerte en México, las enfermedades cardiovasculares (ECV) ocupan el primer lugar. Algunas condiciones asociadas con las ECV son: la alta presión sanguínea o la hipertensión, endurecimiento de las arterias, bloqueo de las arterias o aterosclerosis, ataque al corazón, embolia, insuficiencia cardíaca congestiva, etc. Asimismo, los individuos que tienen sobrepeso corren mayor riesgo de tener el colesterol elevado, de desarrollar hipertensión y otras condiciones crónicas cardiovasculares, que aquellas personas que mantienen un peso saludable.

La importancia de los ácidos grasos omega-tres ($AG\omega3$) en la protección que brindan ante las ECV, ha sido recientemente difundida. Los beneficios que aportan estos ácidos son: reducción de triglicéridos, protección contra arritmia, reducen la inflamación y disminuyen el riesgo de trombosis. Además el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), dos de los principales $AG\omega3$, predominan en los fosfolípidos del cerebro y de la retina, por lo que es de gran importancia su ingestión durante el último trimestre de gestación, ya que durante esta etapa se encuentran en desarrollo estos órganos.

Estos $AG\omega3$ se encuentran principalmente en peces y crustáceos, pero en México al igual que en otros países, el consumo de los productos marinos es muy bajo, mientras que el de productos avícolas como el huevo es elevado (*21.5 kg per capita*).

Estudios realizados por diversos autores revelan que el huevo puede ser un buen vehículo para hacer llegar los beneficios de los $AG\omega3$ a la población. Esto es posible ya que al suministrar a las aves como parte de su dieta, productos ricos en $AG\omega3$, se puede modificar la concentración de éstos ácidos grasos y ser depositados directamente en la yema de huevo. Algunos de los ingredientes que se han empleado para este fin son el aceite de linaza, aceite de canola, aceite de menhaden, aceite de sardina, aceite de atún y microalgas marinas. Aun así, muchas personas reducen o eliminan de su dieta el huevo por su alto contenido de

Introducción

colesterol, ya que erróneamente asocian esto con un alto riesgo de ECV. Por lo tanto, es el interés de este estudio obtener huevos no sólo con un alto contenido de AG ω 3, sino también reducir el colesterol en el mismo mediante la incorporación de algas marinas en la dieta de las aves.

Resumen.

**“Concentración de colesterol y ácidos grasos omega 3 en el huevo de gallinas, alimentadas con algas marinas y aceite de pescado”
(Bajo la dirección de Silvia Carrillo Domínguez).**

Las algas marinas *Sargassum sinicola* (Ss), *Macrocystis pyrifera* (Mp) y *Enteromorpha spp* (Espp) se encuentran ampliamente distribuidas en las costas de la República Mexicana, tienen un alto contenido de minerales, carbohidratos complejos, pero también poseen compuestos a los que se les han atribuido propiedades antioxidantes e hipocolesterolémicas. Por otra parte, el aceite de sardina es una excelente fuente de ácidos grasos Omega 3 (AG ω 3), principalmente del ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexanoico (DHA), por lo que puede ser utilizado en la dieta para aves a fin de enriquecer el huevo con estos nutrimentos para beneficio del consumidor. El objetivo de este estudio fue obtener a un mismo tiempo huevos con un bajo contenido de colesterol pero con una alta concentración de AG ω 3, mediante la inclusión de forma combinada de algas marinas y aceite de sardina en la dieta de las gallinas ponedoras. Las algas se recolectaron y se secaron al sol y se molieron. 144 gallinas Leghorn de distribuyeron aleatoriamente en 4 tratamientos (con 3 repeticiones de 12 gallinas cada una), los cuales consistieron en incorporar 10 % de algas marinas (AM) y 2 % de aceite de sardina (AS) en la ración de las gallinas, quedando los tratamientos de la siguiente manera: 2%AS+10%Mp, 2%AS+10%Ss, 2%AS+10%Espp. Y un grupo testigo sin AM y AS. El estudio duró 8 semanas. Al final de este periodo se determinó el contenido de colesterol, lípidos totales y el perfil completo de ácidos grasos en el huevo completo (yema + clara), adicionalmente se midieron en las aves variables productivas (consumo de alimento, producción de huevo, peso y masa del huevo y conversión alimenticia), calidad física del huevo (índice de forma, peso del huevo, altura de albúmina, Unidades Haugh, peso y grosor del cascarón y color de la yema), y una prueba de aceptación para el sabor del huevo y color de la yema. Los resultados mostraron que sólo el tratamiento que incluía el alga verde *Enteromorpha spp*. (AS+Espp) mostró una reducción ($P < 0.05$) en la concentración de colesterol (362mg/100g), en comparación con el grupo testigo (381mg/100g), AS+Ss (384mg) y AS+Mp (391mg). En cuanto a los AG ω 3, el contenido de EPA mostró un incremento notable en los tratamientos AS+Mp, AS+Ss, AS+Espp. (54,51 y 40 mg/100g de huevo respectivamente), lo mismo ocurrió con el DHA (340, 315 y 306mg /100g de huevo respectivamente) con respecto al testigo (2mg y 95mg/100g de EPA y DHA). Las variables productivas no se vieron afectadas ($P < 0.05$, excepto el peso del huevo el cual fue menor en el tratamiento AS +Mp (58g) con respecto al testigo (61g). en cuanto a la calidad física del huevo, las variables medidas no mostraron diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$), a excepción del color de yema el cual fue significativamente menor en el tratamiento AS+ Espp. (8 del abanico Roche) con respecto al testigo (10 del abanico Roche). La Evaluación sensorial mostró que el sabor del huevo no se vio afectado en ninguno de los tratamientos, mientras que la aceptación por el color de la yema fue significativamente menor en el tratamiento AS+Espp. Se concluye que la inclusión de 2% de aceite de sardina en la ración de las aves, incrementa en forma notable el contenido de AG ω 3, y que la incorporación del 10% del alga verde *Enteromorpha spp*. Ayuda a la reducción del contenido de colesterol en el huevo en un 5%, y evita la pérdida de peso del mismo, situación que es frecuente observar cuando sólo se utiliza el aceite de pescado.

II. ANTECEDENTES

2.1 Situación del estado de salud y nutrición en México

En México, como en otros países, las enfermedades transmisibles constituyen la principal causa de muerte, cuando hace tan solo 70 años la mortalidad por diabetes, tumores malignos y enfermedades del corazón oscilaba entre 0.1 y 1.7%. Aunque las deficiencias nutricionales persisten en algunas regiones, hay un notable progreso en la reducción tanto en la prevalencia de la desnutrición en los niños como en la carga de enfermedades infecciosas (Figura1) INEGI (2003).

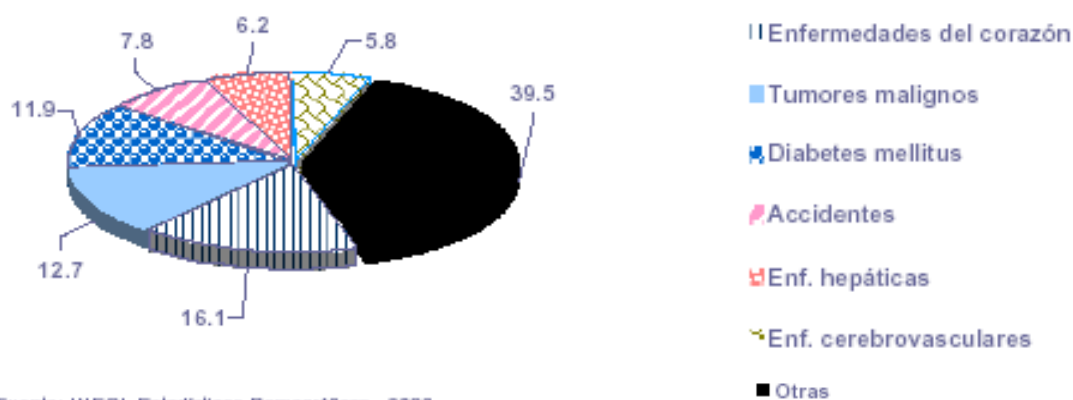


Figura 1. Distribución porcentual de las principales causas de defunción

Sin embargo, las cifras nacionales esconden dos fenómenos. En primer lugar, las zonas urbanas y las ubicadas al norte del país han seguido mejorando a pesar de la crisis, mientras que en el sur están empeorando severamente; y en segundo lugar, la transición alimentario-nutricional ha generado otro problema de mala nutrición por desequilibrios, sobre todo consumo excesivo de grasas totales, saturadas, colesterol, sal y otros compuestos que dan lugar a enfermedades crónico-degenerativas como la aterosclerosis, hipertensión, diabetes, obesidad, cirrosis, reumatismo, infartos entre otras. (ENN,1999)

El estilo y ritmo de vida, que actualmente lleva la mayoría de las personas, así como los notables cambios en los hábitos alimenticios de la población son factores que han influido significativamente en el estado de salud que hoy guarda

la población. Por lo tanto, en la medida en que se siga propiciando el cambio dietético descontrolado, en la misma medida la mala alimentación seguirá dirigiendo el futuro de la salud y el desarrollo nacional (Sánchez-Castillo et al. 2004).

Según datos de la FAO 2003 existe un bajo consumo de alimentos con un excelente valor nutritivo como el pescado, leche materna y huevo, pero un elevado consumo de cereales. Otros productos industriales de bajo valor nutritivo, son muy apreciados por las personas debido a sus sabor dulce o grasoso (Cuadro 1).

Cuadro 1. Consumo de alimentos en México

Alimentos	INNSZ 1979	INNSZ 1989	ENN 1999
(kg/persona/año)			
Cereales	153.8	114.5	107.4
Frutas/hortalizas	67.0	47.6	47.5
Prod.lácteos	28.0	27.8	50.9
Carne	22.7	28.4	31.2
Leguminosas	12.6	23.8	17.9
Edulcorantes	15.1	10.9	7.3
Aceites/grasas	8.9	5.3	3.9
Huevos	10.5	12.0	Nd
Tubérculos	7.8	6.3	4.4
Pescado	Nd	Nd	0.8
Otros	31.2	23.3	112.4

Fuente: FAO, 2003

Nd = no determinado

En vista del gran problema que se ha generado en muchos países, diversos investigadores se han avocado a la tarea de buscar formas de reducir el índice de enfermedades crónico degenerativas. Los resultados obtenidos revelan que el consumo de AG ω 3 como parte habitual en la dieta es una de estas alternativas y el huevo puede ser un excelente medio para hacer llegar los beneficios de estos nutrimentos al consumidor.

2.2 Generalidades sobre el huevo de gallina

2.2.1 Estructura y formación del huevo

El huevo es un alimento que se encuentra formado por tres estructuras principales: yema, albúmina ó clara y el cascarón (Figura 2).

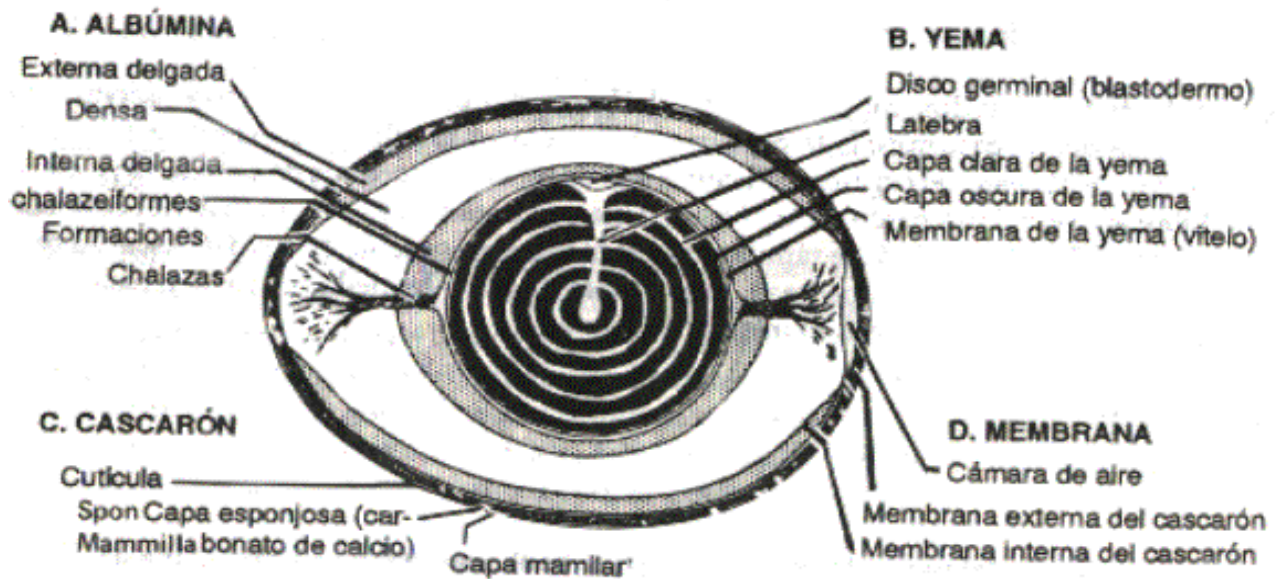


Figura 2. Estructura del huevo

Fuente: North y Bell, 1990.

Yema

Cuando las gallinas ponedoras alcanzan la madurez sexual (18–22 semanas de edad), los folículos crecen en el ovario como consecuencia del aumento del tamaño del citoplasma del ovocito. En este tiene lugar la deposición de sustancias lipoproteicas que constituyen el vitelo. Este ovocito, repleto de vitelo y rodeado de sus membranas es el que se denomina yema (Bell, 2002).

La yema es la porción amarilla del huevo, está recubierta por una membrana vitelina que la separa de la clara y la protege de una posible rotura. El color está determinado principalmente por la dieta de la gallina. Puede presentar una mancha rojiza, que corresponde al disco germinativo, a partir del cual se desarrollará el pollo, en caso de que el huevo sea fecundado. Es una dispersión

de diferentes tipos de partículas suspendidas en una solución proteínica. Los principales componentes químicos de la yema son (Bell, 2002):

Proteínas

Lipovitelinas. Son lipoproteínas de alta densidad, cuya fracción lípida constituye el 22% del extracto seco.

Fosfovítina. Es una glicofosfoproteína que fija con facilidad los iones metálicos formando complejos metálicos con ellos.

En la fase acuosa de la yema se encuentra dispersa sólo una pequeña cantidad de vitelina. Y en las partículas suspendidas llamadas gránulos, se pueden encontrar proteínas y grasas. En la fase sólida se han visto tres tipos de partículas: esferas, gránulos grandes (que contienen grasa en forma esterificada y colesterol) y micelas (que contienen casi el 90% de los triglicéridos en forma de microemulsión). En el centro de la micela se encuentra una gota de grasa rodeada por una capa de fosfolípido-proteína. (Bowers, 1992)

Grasas

El contenido total de grasas en la yema es de 4 a 4.5 g por unidad, de los cuales 1.5 g son grasa saturada y el resto insaturada (predominando las mono insaturadas que son benéficas para el organismo). El principal fosfolípido es la lecitina (fosfatidilcolina) con algo de fosfatidiletanolamina y pequeñas cantidades de fosfatidilserina. Los ácidos grasos que se encuentran en mayores concentraciones en los triglicéridos de la yema de huevo son: el oleico, palmítico, esteárico y linoléico (Bowers, 1992; Turnbull, 1999).

Albúmina o clara

La albúmina es una solución viscosa (coloidal), que rodea a la yema y se encuentra contenida entre las membranas del cascarón (Figura 2). Se distinguen tres capas diferenciales por su consistencia: dos densas y una acuosa. La clara densa va perdiendo su consistencia al transcurrir el tiempo después de haber sido

puesto el huevo, y por lo tanto va perdiendo también su capacidad de mantener a la yema en la posición central normal. Con el paso del tiempo la clara densa se transforma en fluida y el pH se incrementa de 7.6 a 9.3. (Bell, 2002).

Sus constituyentes son 88% agua, 11% proteínas, 1% carbohidratos y 0.5% minerales. Básicamente se trata de una solución de proteínas globulares que contienen fibras de ovomucina (existen más de treinta proteínas diferentes). Son ricas en aminoácidos esenciales. Las siguientes primeras tres glucoproteínas suman más del 80% del total de proteínas en la clara de huevo (Zeidler, 2001).

Ovoalbúmina

Es la principal proteína de la clara del huevo, constituye más de la mitad del total de proteínas. Se desnaturaliza fácilmente por el calor, una característica de interés cuando los huevos se utilizan en la preparación de alimentos. Es llamada fosfogluco proteína integrada por tres fracciones, A1, A2 y A3, en una proporción de 85:12:3, respectivamente, que se diferencian por su contenido en fósforo. Es rica en cisteína y metionina y presenta grupos sulfhidrilos.

Conalbúmina

Es otra proteína que suma alrededor del 14% del total de las proteínas en la clara de huevo y también se coagula por el calor. Es una proteína no fosforilada formada por dos cadenas polipépticas. No presenta grupos sulfhidrilo pero es rica en enlaces disulfuro. Contiene restos de manosa y glucosamina. Tiene gran poder quelante de metales, en especial el hierro, volviéndose más termoresistentes. La capacidad secuestrante del hierro le confiere propiedades antioxidantes y antimicrobianas.

Ovomucoide

Una tercera proteína, el ovomucoide representa el 12% del total y no se coagula con el calor. Es una glucoproteína rica en glucosamina (14%) y aminoácidos azufrados (12%). Presenta manosa, galactosa y ácido neuramínico. Es rica en enlaces disulfuro. Es un factor antitripsico y alergénico.

Lisozima

La clara de huevo contiene aproximadamente un 7 % de globulinas, incluyendo la lisozima, una proteína interesante ya que disuelve las paredes celulares de ciertas bacterias, en especial los mucopolisacáridos de los microbios Gram positivos.

Ovomucina

Constituye menos de un 2% del total de proteínas de la clara. Contribuye al espesor de la clara gruesa y es una glucoproteína más rica que el ovomucoide en ácido neuramínico y siálico. Es un inhibidor de la hemoaglutinación vírica. Es una proteína muy electronegativa. Estable a la desnaturalización por calor.

Avidina

Existe en pequeñas cantidades y posee la capacidad de fijar la biotina. Se desnaturaliza fácilmente cuando se cuecen los huevos.

Ovoflavoproteína

Existe una cantidad pequeña de esta proteína a la que se fija la riboflavina de la clara de huevo.

Cascarón

El cascarón es la primera barrera de defensa que posee el huevo. Dentro de sus funciones están las siguientes: la contención y transporte del contenido, la exclusión de patógenos y microbios que puedan dañar al contenido y soportar el desarrollo embrionario. La cáscara del huevo es de un grosor muy variable, pero normalmente esta comprendida entre el intervalo de los 0.28 a los 0.42 mm. Está revestida con una película protectora natural que impide que los microorganismos penetren. La cáscara es porosa (7,000 a 17,000 poros), no es impermeable y por lo tanto ésta película actúa como un verdadero revestimiento. El cascarón constituye entre el 9% y el 12% del peso total del huevo. Constituido por carbonato de calcio (94%) como componente estructural, con pequeñas cantidades de carbonato de magnesio, fosfato de calcio y otros materiales orgánicos. El cascarón posee las siguientes capas de dentro hacia fuera (Figura 2) (Bell,2002):

- a) Membranas de la cáscara o membranas testáceas (la interna y la externa): Son dos envolturas que en conjunto forman el corion, una está adherida al cascarón y otra contacta con la clara, ambas están unidas íntimamente y se separan en el polo más ancho, para formar la cámara de aire. Son de naturaleza proteínica.
- b) Capa mamilar o capa de protuberancias mamilares: constituye la capa calcificada inmediata a la membrana externa. La materia orgánica de esta capa está formada por un mucopolisacárido y una proteína sulfurada en los núcleos y por un complejo proteína–mucopolisacárido ácido, en pequeña cantidad, en el resto de las protuberancias.
- c) Capa empalizada llamada “capa esponjosa”: formada por fibras dispuestas paralelamente a la superficie del huevo. Constituye del 60 al 95 por ciento de la cáscara.
- d) La cámara de aire se forma en las orillas del huevo, con las membranas inmediatamente pegadas a la cáscara, mientras se enfría luego de la ovoposición. Se localiza en el polo obtuso o ancho del huevo. Es relativamente pequeña en el huevo recién puesto (3mm) y aumenta de profundidad a medida que pasa el tiempo. Por tal motivo interviene de manera importante para determinar la calidad del huevo, entre más chica sea la cámara de aire, es más fresco el huevo.
- e) Latebra. Es un cordón de vitelo que se inicia en el disco germinativo y se prolonga hasta el centro de la yema.
- f) Chalazas. Son dos formaciones similares a cordones, de un color transparente-blancuecino. Se localizan en los ejes longitudinales del huevo que se forman en el útero por torsión de las fibras de mucina, secretadas en el mágnium. La función principal es la de fijar la yema al centro del huevo. Cuanto más prominente es la chalaza, más fresco es el huevo (muchas veces las personas desconocen esta función de las estructuras fijadoras y creen que son partes de la clara que no se pueden utilizar, o

incluso que el huevo está en mal estado, cuando en realidad no lo está).

- g) Capa mamilar. Es la porción interna del cascarón del huevo más calcificada. La mayor parte de la materia orgánica de esta estructura contiene mucopolisacáridos y proteínas azufradas. Cuando hay una distribución dispereja de los núcleos, los cascarones son débiles y con áreas delgadas.
- h) Capas palizadas. Consisten de columnas paralelas de cristal que se extienden para acercarse a la superficie del cascarón.
- i) Cutícula. Es la estructura exterior final del cascarón, es una cubierta orgánica grasosa que se deposita sobre el cascarón conforme pasa a través de la vagina. Tiene un espesor de 10 a 30 micras. Está compuesta de materia orgánica llamada mucina. Su función es impedir la entrada de partículas líquidas o sólidas y así evitar la invasión microbiana al interior del huevo. Constituye la primera y más importante barrera contra la invasión bacteriana. La cutícula regula el intercambio de gases a través del cascarón y previene la invasión microbiana.

El color del cascarón depende de la raza de gallina (blancos o marrones) y no influye en el valor nutritivo del alimento, en el sabor, en el grosor del cascarón, en las características culinarias, ni en la calidad misma del huevo (Quintana, 1999; Bell, 2002).

2.2.2 Valor nutritivo del huevo

El huevo posee una enorme riqueza en nutrimentos esenciales (Cuadro 2). Es una fuente de proteína de excelente calidad, con un valor energético muy bajo (75 kcal), es fuente importante de las vitaminas A, B, D, E y K así como de ácido fólico, colina, hierro, selenio y de pigmentos como la luteína y la zeaxantina, y de inmunoglobulinas(AEB, 2005).

Cuadro 2. Macronutrimentos presentes en el huevo de gallina

Nutrimentos (por 100g)	Huevo entero	Yema	Clara
Proteína	11.95	15.5	9.8
Humedad	75.85	56.2	88.55
Grasa	10.2	25.6	0
Cenizas	0.95	1.55	0.6
Carbohidratos	1.05	1.15	1.05
Calorías (cal)	148	303	47
Colesterol (mg)	432	1075	0

Fuente: AEB, 2005

La **proteína** del huevo posee un alto valor biológico y es usada como proteína de referencia. Contiene todos los **aminoácidos** esenciales para el humano (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición de amino ácidos del huevo fresco (mg/100g muestra)

Aminoácido	Huevo completo	Albúmina	Yema
Isoleucina	690	500	930
Leucina	1020	730	1370
Lisina	770	520	1160
Metionina	390	320	410
Cistina	220	160	260
Fenilalanina	630	520	650
Tirosina	490	360	650
Treonina	630	430	900
Triptofano	220	160	280
Valina	930	710	1110
Arginina	750	490	1160
Histidina	300	200	410
Alanina	670	520	800
Acido aspártico	1320	980	1700
Acido glutámico	1480	1090	1750
Glicina	370	290	440
Prolina	470	360	570
Serina	970	660	1390

Fuente: Turnbull (1999)

El huevo es una excelente fuente de casi todos los **minerales**, excepto del calcio, el cual está en muy bajas concentraciones (Cuadro 4). Contiene importantes cantidades de hierro y fósforo, aunque la biodisponibilidad del hierro es baja en virtud de que se mantiene unido a las proteínas. (AEB, 2005)

Cuadro 4. Contenido mineral del huevo de gallina

Minerales del huevo (mg por 100g)	Huevo entero	Yema	Clara
Calcio	59	1.38	7
Hierro	1.85	3.34	0.05
Magnesio	11	9	10
Fósforo	202	417	13
Potasio	130	118	136
Sodio	133	67	158
Zinc	1.38	2.88	0.02
Cobre	0.05	0.02	0.01
Manganeso	0.03	0.06	0.01
Selenio	30.8	41.8	17.6

Fuente: AEB, 2005

Cuadro 5. Contenido vitamínico del huevo de gallina

Vitaminas (por 100g)	Huevo entero	Yema	Clara
Niacina (g)	0.08	0.05	0.1
Riboflavina (mg)	0.46	0.52	0.4
Cianocobalamina (mg)	1.07	1.82	0.06
Ácido pantoténico (mg)	1.48	3.53	0.16
Vitamina A (UI)	525	1410	0
Vitamina D (mcg)	1.75	4.94	0
Tiamina (mg)	0.26	0.16	0.01
Piridoxina (mg)	0.16	0.35	0
Ácido fólico (mcg)	73	116	3
Biotina (mcg)	20.00	50.0	7.0
Vitamina E (mg)	1.07	2.5	0

Fuente: Turnbull 1999; AEB, 2005.

El huevo contiene todas las **vitaminas**, excepto el ácido ascórbico (Vitamina C) (Cuadro 5). Es una excelente fuente de Vitamina D, de hecho ocupa el segundo lugar como tal, después del aceite de pescado, siendo por ello de gran valor en aquellos individuos que no reciben luz solar en cantidad suficiente. Es también una excelente fuente de vitamina B₂ (riboflavina). La vitamina A (retinol) se encuentra en cantidades significativas en la yema de huevo(AEB, 2005).

Los principales ácidos grasos saturados presentes en el huevo son el C16:0 y el C18:0, de los monoinsaturados es el C18:1 (ω -9), mientras que de los poliinsaturados es el C18:2 (ω -6) en la configuración *cis*. El huevo también se distingue por tener una cantidad considerable de lecitina (fosfolípido)(AEB, 2005).

Cuadro 6. Ácidos grasos presentes en el huevo de gallina (g/100g).

Lípidos	Huevo entero	Yema	Clara
Saturados	3.15	7.82	-
Mirístico (C14:0)	0.04	0.09	-
Palmítico(C16:0)	2.28	5.68	-
Esteárico(C18:0)	0.81	2.02	-
Monoinsaturados	3.89	9.75	-
Palmitoléico (C16:1)	0.26	0.64	-
Oleico (C18:1)	3.58	9.01	-
Eicosenoico(C20:1)	0.03	0.06	-
Poliinsaturados	1.41	3.63	-
Linoléico (C18:2 LA ω 6)	1.1	2.94	-
Alfa-linolénico(C18:3 ALA ω 3)	0.03	0.06	-
Araquidónico(C20:4 AA ω 6)	0.14	0.43	-
Eicosapentaenóico (C20:5 EPA ω 3)	0.09	0.03	-
Docosahexanóico(C22:6 DHA ω 3)	0.05	0.13	-

Fuente: AEB, 2005.

2.2.3 Producción de huevo en México

A nivel mundial, México es el primer país consumidor de huevo fresco y el sexto como productor (Figuras 3 y 4). El consumo promedio anual es de 21.6 kg por habitante, superando a otros países asiáticos como China y Japón. Esta industria es también una importante fuente de empleos, en el 2004 generó 390 mil empleos, 65 mil directos y 325 mil indirectos y ha permitido que el país sea autosuficiente en la producción de este alimento(UNA 2005).

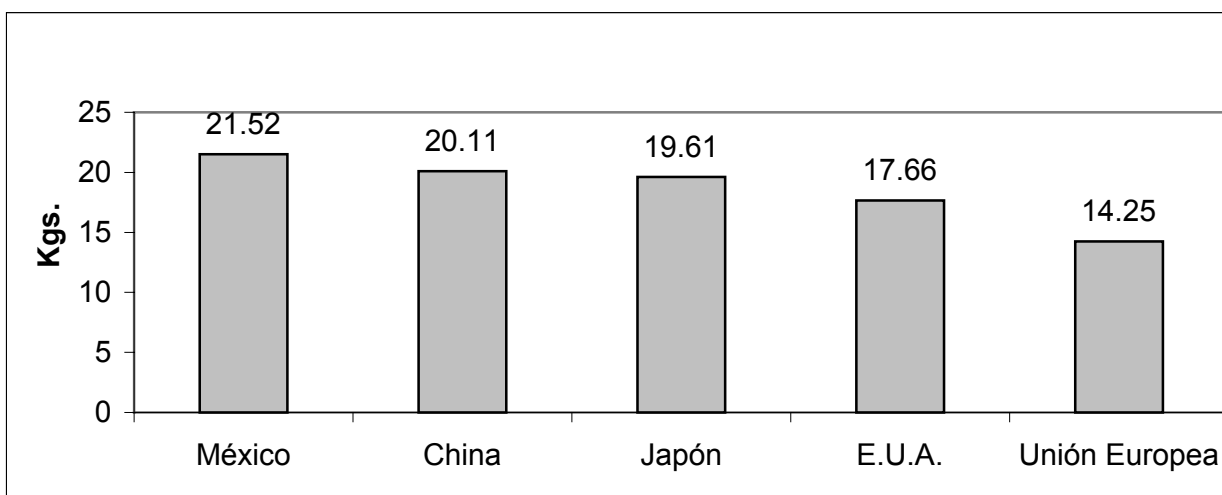


Figura 3. Principales países consumidores de huevo (consumo per cápita)
Fuente: UNA 2005

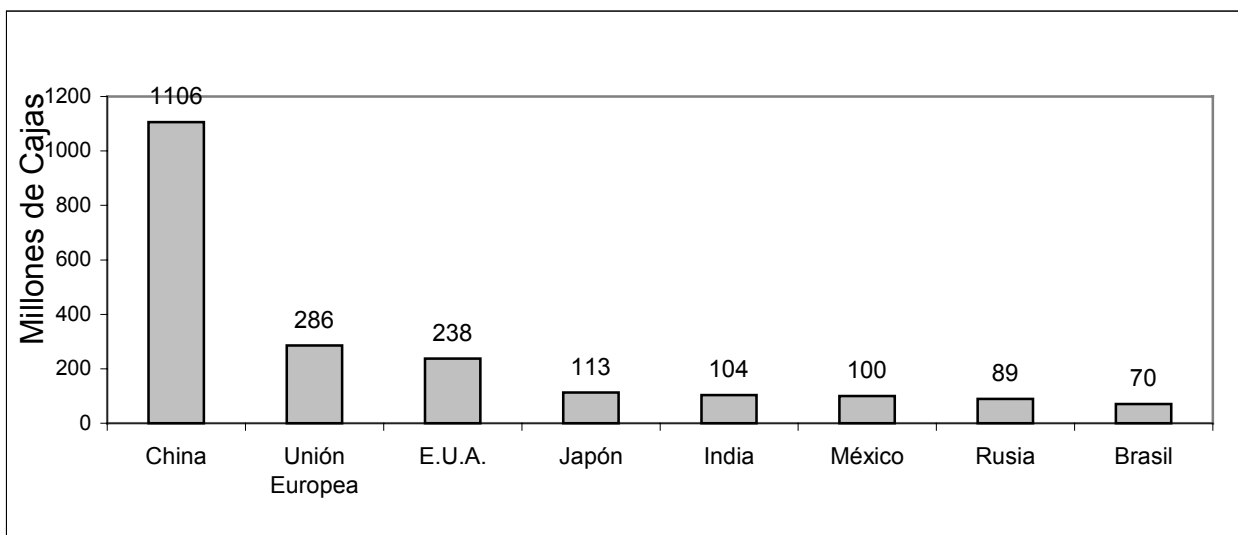


Figura 4. Principales países productores de huevo
Fuente: UNA 2005

A pesar de que el consumo ha tenido una variación importante en los últimos años, este ha aumentado (Figura 5).

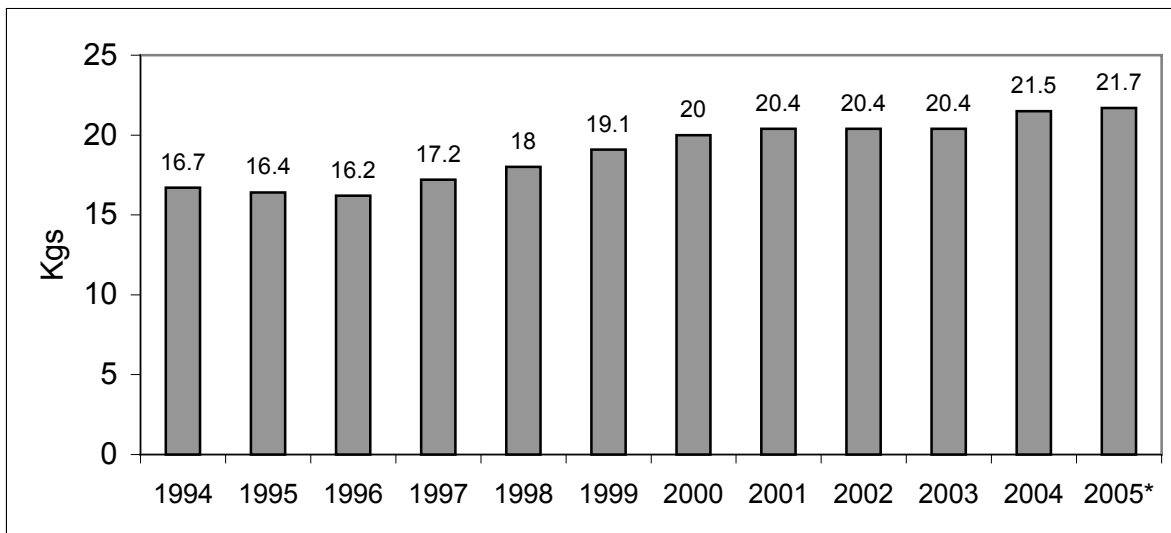


Figura 5. Consumo per-capita anual de huevo en México.

El valor del 2005 es una proyección de valores.

Fuente: UNA, 2005

A nivel nacional, las principales zonas productoras son: Jalisco, Puebla, Sonora, La Laguna, Nuevo León, Yucatán, Sinaloa y Guanajuato (Figura 8).

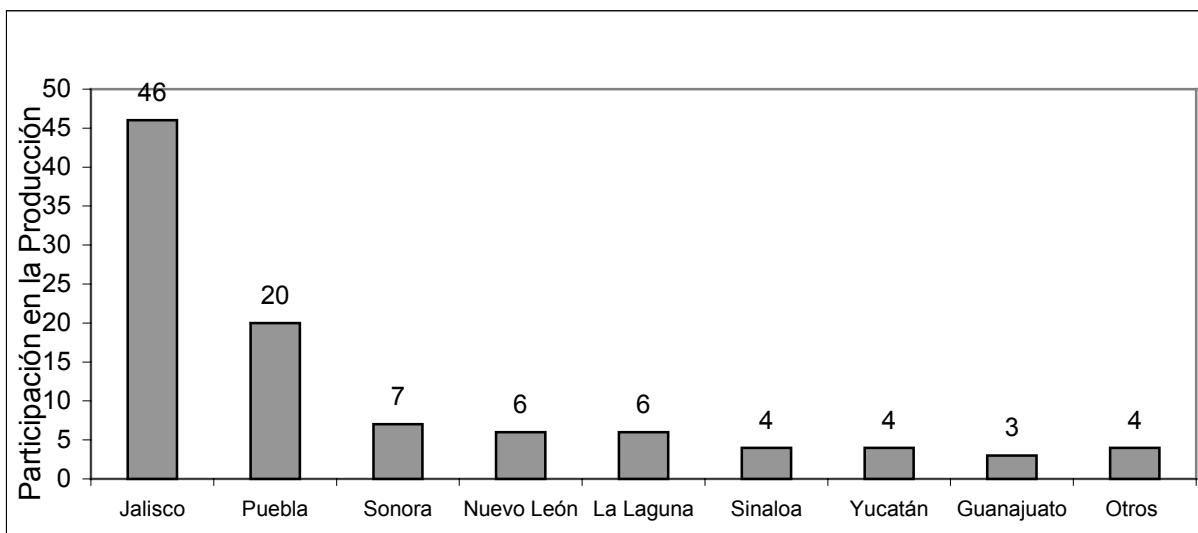


Figura 6. Principales zonas productoras de huevo en México

Fuente: UNA 2005

La producción nacional diaria de huevo es superior a las 250,000 cajas, de las cuales: más del 71% se comercializa a granel través de mercados tradicionales, 20-22% se comercializa en tiendas de autoservicio y 7% se industrializa.

El Distrito Federal es la entidad donde se vende más huevo, comercializándose entre 50,000 y 55,000 cajas diarias (UNA, 2005).

2.2.4 Precio del huevo

En los últimos años, el precio del huevo ha estado por debajo de los índices de inflación (Figura 7), por lo que aun con el salario mínimo es posible que la gente pueda comprar huevo, ya que en promedio el costo de una pieza de huevo es de \$1.00.

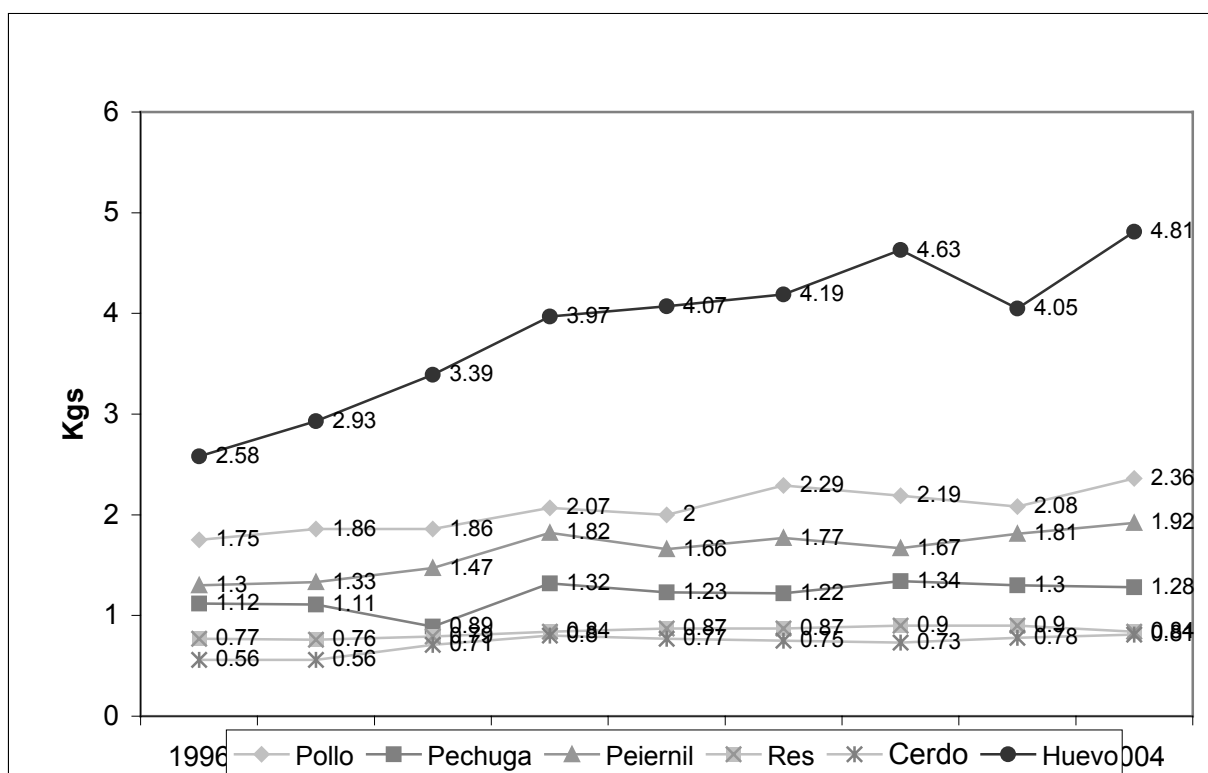


Figura 7. Kilos de alimento de origen animal con respecto al salario mínimo diario
Fuente: UNA,2005

2.2.5 Propiedades funcionales del huevo

Propiedad coagulante. Sus componentes tiene la habilidad para coagular cuando se eleva la temperatura. Esta propiedad es muy útil en la preparación de diversos platillos, como las tortitas con carne deshebrada, flanes, crepas, donde se busca unir diferentes alimentos a través del huevo aprovechando esta propiedad del mismo. (Torre y Fonseca, 2004).

Propiedad espumante. Aunque muchos alimentos tienen la capacidad de formar espuma, el huevo es más efectivo ya que para que una espuma sea útil en cuestiones de elaboración de platillos se requiere que ésta sea relativamente estable. Aunque el huevo completo puede ser empleado para ello, es la clara con la que se logra un mayor efecto espumante. Cuando la clara del huevo está mas unida a la yema y menos extendida, se logra una espuma mas estable que cuando se emplean claras muy extendidas (de baja calidad). Esta propiedad se aprovecha también en la elaboración de mousses, merengues, pasteles, etc.

Propiedad emulsificante. La yema en si misma es una emulsión. La capacidad emulsificante de la yema no se ve afectada cuando se modifica la composición en ácidos grasos. Esta propiedad es empleada en la fabricación de mayonesas y aderezos para ensaladas.

Color. El color natural de la yema del huevo va del amarillo al naranja y suele ser una propiedad muy útil en la fabricación de panes, hot cakes, mayonesas y otros alimentos.

Sabor. El sabor natural del huevo es agradable y al incorporarlo como ingrediente en la preparación y fabricación de alimentos y productos alimenticios (Dulces, helados, panes) estos adquieren un sabor de gran aceptación (Torre y Fonseca, 2004).

2.2.6 Razones por las que el huevo de gallina es una excelente alternativa para hacer llegar los beneficios de los AG ω 3 a la población

Tal como ya se mencionó, son muchas las razones por las que el huevo es considerado un excelente vehículo para hacer llegar los beneficios de los AG ω 3 a la mayor parte de la población. A modo de resumen se señalan a continuación (Torre y Fonseca, 2004):

- México es el primer país consumidor de huevo fresco a nivel mundial
- Excelente valor nutritivo del huevo
- Su bajo precio
- Sus propiedades funcionales
- Su versatilidad en la preparación de platillos,

2.3 Ácidos grasos omega 3

Los ácidos grasos (AG) son cadenas hidrocarbonadas con un grupo carboxilo en la parte terminal, y un grupo metilo en el extremo opuesto (Figura 8). Raramente se encuentran libres en la naturaleza, más bien se encuentran en forma esterificada como componentes mayoritarios de diversos lípidos.

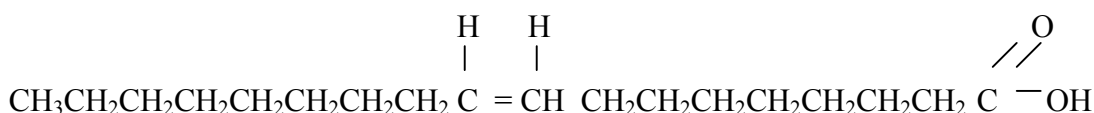


Figura 8. Ácido oleico (C18:1)

En las plantas superiores y en los animales, los AG predominantes son los de 16 y 18 átomos de carbono, como son los ácidos palmítico, oleico, linoléico y esteárico. Los AG con menos de 14 y más de 20 carbonos son raros, la mayor parte tienen un número par de átomos de carbono debido a que normalmente se biosintetizan por adición de unidades CH_2 .

En los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), los dobles enlaces tienden a encontrarse a cada tercer átomo de carbono en dirección al metilo terminal CH_3 de la molécula. Los dobles enlaces de los AG insaturados tienen casi siempre la configuración *cis* (Lobb y Kuang Chow, 2000).

2.3.1 Clasificación de los ácidos grasos

De acuerdo a la **longitud de la cadena** se pueden clasificar como:

- Cadena corta (4-6 átomos de carbón).
- Cadena media (8 –12 átomos de carbón).
- Cadena larga (14 o más átomos de carbono).

De acuerdo a su **grado de instauración** se pueden agrupar en:

- Monoinsaturados.- cuando cuentan con un solo doble enlace
- Poliinsaturados .- cuando tienen más de un doble enlace.

Cuadro 7. Ácidos grasos biológicos más comunes

Símbolo	Nombre común	Nombre sistemático	Estructura
Ácidos grasos insaturados (todos los dobles enlaces son cis)			
16:1	Ác. Palmitoléico	Ác.9-hexadecenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
18:1	Ácido oleico	Ác.9-octadecenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
18:2	Ácido linoléico	Ác.9,12- octadecenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
18:3	Ácido α - linolenico	Áci.9,12,15,-octadecatrienoico	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
18:3	Ácido γ - linolénico	Ác.6,9,12- octadecatrienoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$
20:4	Ácido araquidónico	Ác.5,8,11,14-eicosatetraenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
20:5	Ac.eicosapentae noico (EPA)	Ác.5,8,11,14,17- eicosapentanoico	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_5(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
22:6	Ac.docosahexae noico (DHA)	Ac.4,7,10,13,16,19- docosahexanoico	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_6(\text{CH}_2)\text{COOH}$
24:1	Ácido nervónico	Ác. 15tetracosenoico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{13}\text{COOH}$

Fuente: Dupont, 1999; Lobb y Kuang Chow, 2000.

También con base a la instauración se pueden clasificar en *cis* o *trans*. Los denominados *cis* cuentan con los dos hidrógenos del doble enlace en el mismo lado de la cadena, en cambio los que son *trans* tienen los hidrógenos del doble enlace en diferente lado de la cadena, tal como se indica en la siguiente figura.

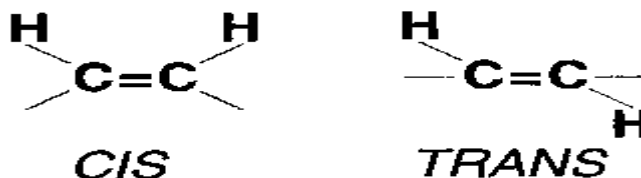


Figura 9. Configuración *cis* o *trans* de un ácido graso

La posición del doble enlace puede servir también para clasificar a los AG, pues este doble enlace puede dar origen a diferentes configuraciones geométricas, y por ello diferentes isómeros de un ácido graso, como es el caso del ácido linolénico, que tiene el isómero ácido α -linolénico y el ácido γ -linolénico.

2.3.2 Nomenclatura

Por conveniencia los AG son expresiones taquigráficas. La posición del primer enlace insaturado desde el metilo al carbono final de la cadena es especificado por una “n” o una “ ω ” la última letra corresponde al alfabeto griego, de acuerdo a esta clasificación se dividen en tres grandes familias ω -3, ω -6, ω -9. Por ejemplo 18:1 ω -9 es el ácido oleico, el 18 corresponde al número de carbonos de la cadena, el 1 corresponde al número de insaturaciones, y el 9 indica el lugar donde se encuentra la insaturación con respecto al metilo final de la cadena, es decir a nueve átomos del grupo metilo (Huang y Liu, 1999).

En particular, los AGPI de la familia ω -3 (AG ω 3) revisten un especial interés en este estudio por los numerosos beneficios que aportan a la salud y que más adelante se mencionan. Los principales representantes de esta familia son el ácido α -linolénico (C18:3 ALA), el ácido eicosapentaenóico (C20:5 EPA) y el ácido docosahexaenóico (C22:6 DHA). Los tres son importantes, sin embargo el ALA no es tan eficiente como el EPA y el DHA en promover los beneficios a la salud.

2.3.3 Beneficios de los ácidos grasos omega 3 (AG ω 3)

Los resultados de varios estudios epidemiológicos en humanos y animales señalan que los AG ω 3 ofrecen numerosos beneficios a la salud (Adler y Holub, 1997; Stak, 2000; Goodfellow, 2000; Simopolous, 2000; Kuang Chow, 2000; Puiggrós et al. 2001):

- Previenen la aterosclerosis (enfermedad donde se acumulan colesterol y grasas en las paredes de las arterias formando ateromas, que entorpecen progresivamente la circulación de la sangre y en ocasiones llegan hasta a interrumpirla).

- Reducen el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares.
- Reducen el riesgo de padecer ciertos tipos de cáncer
- Tienen propiedades hipocolesterolémicas y reducen los niveles de triglicéridos en sangre
- Son de gran importancia en el desarrollo del cerebro y de la retina
- Fortalecen el sistema inmunológico

2.3.4 Fuentes de ácidos grasos omega 3 (AG ω 3)

Los productos marinos (peces, crustáceos, microalgas marinas, etc.) constituyen la principal fuente de AG ω 3, particularmente del EPA y del DHA (Cuadro 8).

Cuadro 8. Contenido de AG ω 3 en algunos peces comestibles (%)

Alimento	ALA C18:3	EPA C20:5	DHA C22:6
Bacalao	1.2	16.3	36.1
Caballa	1.9	11.2	22.8
Salmón	2.0	11.0	20.0
Sardina	1.4	11.3	25.8
Trucha	12.3	5.1	16.8
Atún	1.8	7.5	26.4

Fuente: Astasiaran y Martínez, 2000.

Sin embargo, tal como se señaló en el Cuadro 1 el consumo de productos marinos en México es muy bajo, por lo que se ha considerado que el huevo puede ser un excelente vehículo para hacer llegar a un mayor número de personas los beneficios de los AG ω 3.

2.3.5 Síntesis de ácidos grasos.

Tiene lugar por condensación de unidades de C_2 , que es inversa al proceso de la β -oxidación. La biosíntesis del ácido graso se lleva a cabo en el citosol (Voet, 1991). El acil graso-ACP(C_n) entra a la vía metabólica, en la cual el malonil-CoA cede una unidad C_2 produciendo al β -cetoacil-ACP, y como subproductos la CoA y CO_2 . El β -cetoacil-ACP acepta los electrones que cede el NADPH para formar el 3-D-hidroxiacil-ACP y como subproducto el NADP⁺. El 3-D-hidroxiacil-ACP libera agua, para formar el Enoil-ACP, quien acepta otro par de electrones que cede el NADPH, para formar el Acil graso-ACP(C_{n+2}), y este procedimiento se repite hasta obtener un ácido graso que sea el requerido en esos momentos (Figura 10)(Klasing, 1998).

2.3.6 Oxidación (degradación ó β -oxidación) de los ácidos grasos.

Está regulada en gran parte por la concentración de ácidos grasos presentes en la sangre, la cual a su vez está regulada por la velocidad de hidrólisis de los triglicéridos en el tejido adiposo por acción de la lipasa del triacilglicerol sensible a hormonas (Figura 10).

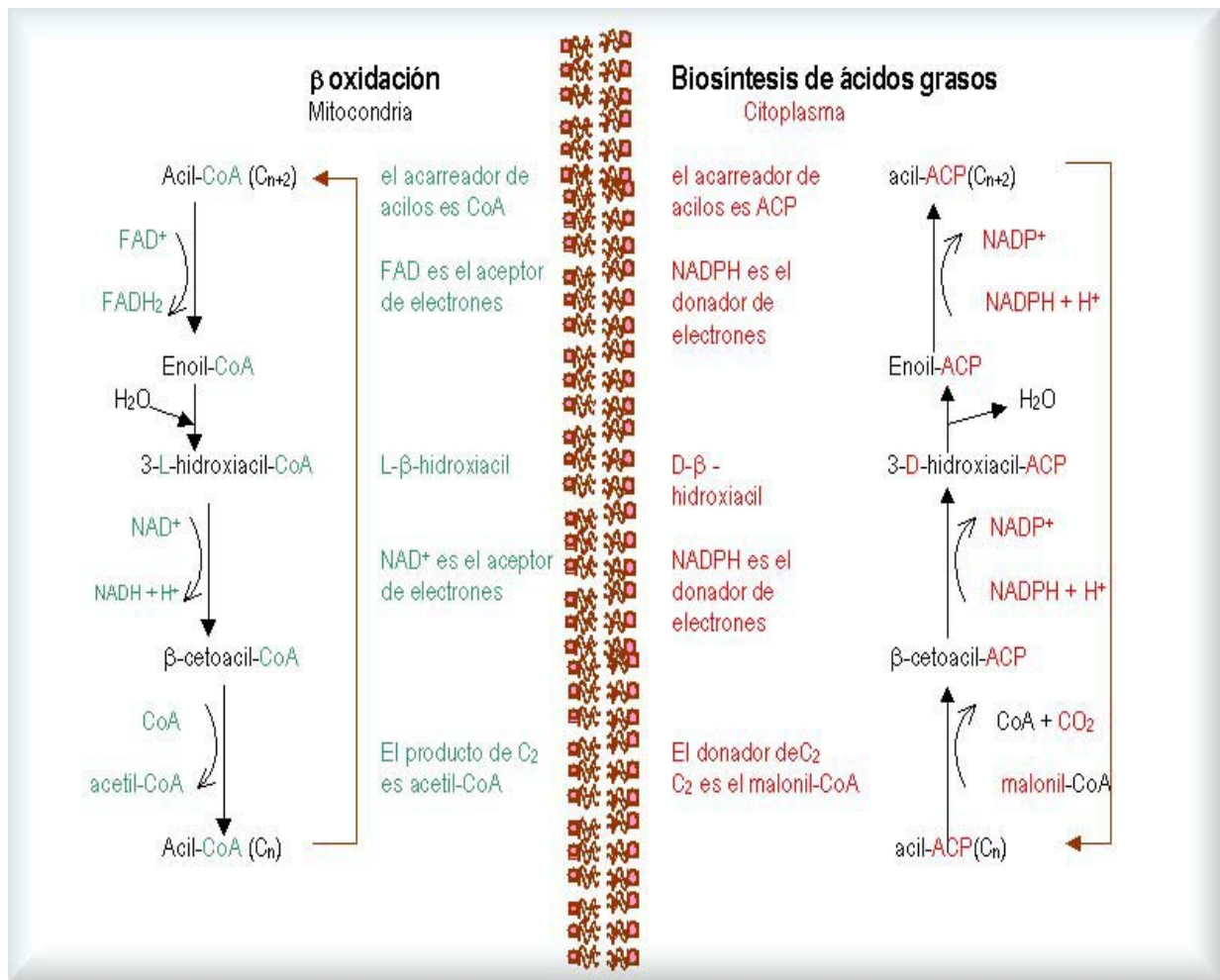


Figura 10. Biosíntesis de los ácidos grasos
 Fuente: Edgar Vázquez-Contreras Instituto de Química, UNAM

4 septiembre 2003 <http://bq.unam.mx/~evazquez>

2.3.7 Ingredientes utilizados para incrementar el contenido de AG ω 3 en el huevo.

Los recursos que se han evaluado para tal fin son: el aceite de menhaden, aceite de atún, aceite de sardina, microalgas marinas, aceite y harina de linaza, aceite de canola, harina de crustáceos (Castillo et al. 2001; González-Ezquerria y Lesson, 2000, 2001; Carranco et al., 2004; Castillo-Badillo et al. 2005; Carrillo et al. 2005). La linaza y la canola son excelente fuente de uno de los AG ω 3, el ácido α -linolenico (ALA) y aunque este ácido no es tan eficiente como el EPA y DHA en brindar los beneficios a la salud, tiene como ventaja la de poseer en forma natural antioxidantes que evitan la pronta oxidación de sus ácidos grasos poliinsaturados (González-Esquerria y Leeson, 2000).

Un recurso marino que ha demostrado ser una excelente fuente de EPA y DHA es el crustáceo marino Langostilla (*Pleuroncodes planipes*). Las concentraciones en las que se ha empleado para enriquecer el huevo con AG ω 3 han sido del 3% y 6%, obteniendo los mejores resultados con 6%. Este ingrediente además provee a la yema de un agradable color amarillo-naranja (Carrillo et al., 2005). Los aceites de pescado constituyen otra alternativa que ha sido frecuentemente empleada a fin de obtener excelentes concentraciones de EPA y DHA en el huevo de gallina.

2.3.7.1 Aceites de pescado

El 90% de la captura mundial se realiza en las aguas sobre la plataforma continental y sólo el 10% en aguas propiamente oceánicas. Las principales especies que componen esta captura son atunes, anchoas, sardinas, boquerones, caballa, pescadilla, bacalao, saira, salmones, merluza, y lenguados, entre otros peces; así como los crustáceos: camarones, gambas, langostas, cangrejos, jaibas, etcétera; los moluscos: pulpos, calamares y ostras. México se ubica en el 16° lugar en la extracción de productos del mar (Cifuentes et al. 1990).

La mayor parte de la pesca se destina al consumo humano directo y el resto se dedica a la obtención de "productos derivados" (harinas, productos farmacéuticos, abonos, colas, gelatinas, pieles, aceites) de gran importancia y valor económico. Esta parte está integrada por los desperdicios de la pesca y por determinadas especies que se capturan únicamente para estos fines.

La parte aprovechable que se obtiene del pescado para la alimentación es solamente el 60% aproximado de su peso, ya que no se utilizan las cabezas, esqueletos, vísceras, escamas y aletas. Las especies que se capturan para la pesca industrial y que son procesadas como pescado entero crudo para reducción, son principalmente aquellas que no tienen aceptación en el mercado en las formas tradicionales para consumo humano ya sea por razones de elaboración, tamaño, sabor o cualidades de textura y costumbre a ser comidas, o bien por la elevada cantidad de organismos que se capturan en ciertas estaciones del año, circunstancia que hace difícil su elaboración rápida. Otra razón por la que no pueden utilizarse estas especies es que se vuelven rancias muy rápido como para ser almacenadas de un modo económico. Entre esta clase de peces están los arenques, las sardinas, la parracha, las anchoas y la caballa. Los pescados que presentan carne rica en grasa y de talla pequeña son la base de la industria de la harina y aceite de pescado (Cifuentes et al. 1990).

La pesquería de las sardinas es una de las más importantes: se capturan más de 24 millones de toneladas anuales de este pequeño pez que tiene una talla de 15 a 20 centímetros. La mayor parte de las sardinas que se capturan son comercializadas enlatadas y otras se utilizan para la elaboración de harina y aceite de pescado. En México, la sardina ocupa el tercer lugar en volumen de explotación dentro de las principales especies comestibles (Castillo et al. 2001).

Cuadro 9. Principales especies de sardinas que se explotan a nivel mundial

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>
<i>Sardinops melanostictus</i>	Sardina japonesa
<i>Sardinops sagax</i>	Sardina chilena
<i>Sardinops longiceps</i>	Sardina de la India
<i>Sardinops caeruleus</i>	Sardina Monterrey
<i>Ophistonema libertate</i>	Sardina crinuda

Fuente: Cifuentes et al. 1990

El *aceite de pescado* tiene una composición química compleja que depende de diversos factores como: la estructura de ácidos grasos de los aceites, los cuales varían considerablemente en función de la especie de pescado y, en cierta medida, de la composición del plancton con que éste se alimentó y de la época del año. Todo ello influye en las propiedades del aceite tanto para sus aplicaciones comestibles como en las técnicas para elaborarlo.

Para poder fabricar y conservar un aceite con propiedades adecuadas, el pescado tiene que estar lo más fresco posible, el aceite debe almacenarse en la oscuridad, con una entrada limitada de oxígeno y a una temperatura que sea lo más baja y constante posible; debe estar muy limpio, especialmente no contener metales pesados, exceso de agua y basura.

Los aceites se prestan a una fácil oxidación y se pueden volver rancios durante la elaboración y el almacenamiento. Esta oxidación se acelera por el calor, la luz y la presencia de catalizadores y puede ser contrarrestada administrando antioxidantes, o almacenándolos en lugares oscuros. El valor comercial del aceite depende de: la concentración de ácidos grasos libres (generalmente se establece que sea de 2 a 3%), la presencia de agua e impurezas (límite base es de 2%). Si se rebasan estos niveles y además el aceite presenta un color oscuro o huele mal el precio baja (Cifuentes et al. 1990).

El contenido de grasa en el aceite de pescado es extremadamente fluctuante, debido a una gran variabilidad entre las especies y en función a las etapas fisiológicas de los mismos. La porción saponificable de la misma se caracteriza por presentar una elevada porción de AG ω 3, especialmente EPA (C20:5) y DHA (C22:6). El perfil de AG de los pescados es muy variable, incluso dentro de la misma especie. En muchos casos se encuentran AG ramificados y de número impar de átomos de carbono, siendo los más abundantes el eicosapentaenoico (20:5 EPA), docosahexanoico (22:6 DHA), mirístico (14:0), palmítico (16:0), esteárico (18:0), oleico (18:2) y el araquidónico (20:4). La fracción insaponificable está constituida principalmente por esteroides, siendo el más importante el colesterol, seguido por vitaminas liposolubles como la A, D y E.

El contenido de colesterol en los pescados oscila entre 50–90 mg/100g de músculo. El aporte en colesterol tiende a aumentar con el contenido graso. Así los pescados blancos magros aportan menos de 30 mg/100g, mientras que los pescados azules poseen hasta 100 mg/100g (Astiasaran y Martínez, 2000; Ackman 2000).

En los estudios realizados con este recurso se ha señalado la conveniencia de emplear niveles inferiores al 3% de la dieta de las aves, a fin de no afectar negativamente el sabor del huevo (Hargis y Van Elswyk, 1993; Castillo et al. 2001; Castillo-Badillo et al. 2005). La desventaja que tiene el uso de estos aceites de pescado es que se oxidan rápidamente, por lo que hay que incorporar cantidad suficiente de antioxidante en la ración dada a las aves.

2.4 Colesterol

2.4.1 Estructura. El colesterol es un compuesto que forma parte del grupo de los esteroides, considerados lípidos simples porque no se hidrolizan para formar ácidos grasos como las grasas, aceites y ceras. Los esteroides son moléculas policíclicas complejas y se definen como compuestos cuya estructura base es el ciclopentanoperhidrofenantreno(Kritchevsky, 1993).

El colesterol es una molécula anfipática que consta de una parte hidrofílica, en el carbono 3 donde se encuentra un grupo hidroxilo, y una parte hidrofóbica, que es el resto de la molécula. Su peso molecular es de 384.64 g/mol y consta de 83.87% de carbono, 11.99% de hidrogeno y 4.15% de oxígeno en peso. El nombre químico de la molécula del colesterol es 3-hidroxi-5,6-colestano. (Kritchevsky, 1993; McNamara y Nicolosi, 1998)

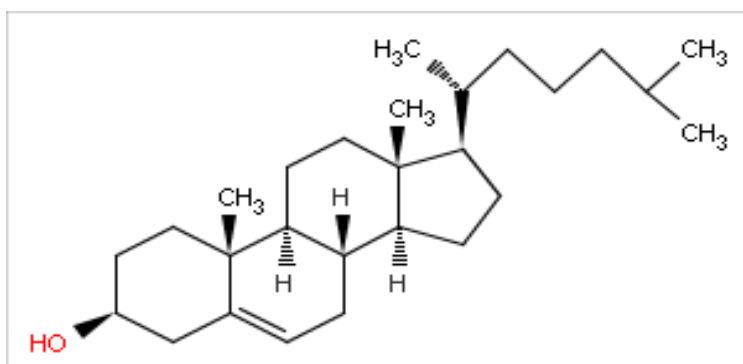


Figura 11. Estructura química del colesterol.

2.4.2 Propiedades físico-químicas. Es una sustancia cristalina, blanca y brillante prácticamente insoluble en agua, ligeramente soluble en alcohol y soluble en benceno, hexano, éter de petróleo, aceites, grasas y soluciones acuosas biliares. Su punto de fusión es de 149.5-151.3°C y el punto de ebullición es de 233°C. (Kritchevsky, 1993; McNamara y Nicolosi, 1998).

2.4.3 Funciones del colesterol. Es un compuesto esencial de las membranas de todas las células de los mamíferos. De aproximadamente 145g de colesterol que se almacena en el cuerpo, una tercera parte se localiza en el sistema nervioso central. Está presente en altas concentraciones en las glándulas suprarrenales, donde se sintetizan las hormonas adrenocorticales, y en el hígado donde se sintetiza y almacena. Es un intermediario clave en la biosíntesis de un número importante de esteroides importantes, incluyendo los ácidos biliares, hormonas adrenocorticales (aldosterona) y hormonas sexuales (estrógenos, testosterona y progesterona). Otra de sus funciones biológicas es como precursor de la vitamina D (Krumel, 1996; McNamara y Nicolosi, 1998).

2.4.4 Origen del colesterol en plasma. Del colesterol presente en plasma 90% es producido por el mismo cuerpo (colesterol endógeno) y solo un 10% está dado por el colesterol de los alimentos (colesterol exógeno). Es cierto que el huevo es uno de los alimentos con mayor contenido de este compuesto, sin embargo, diversos estudios clínicos y epidemiológicos revelan que el colesterol presente en los alimentos tiene muy poco efecto, sino es que ninguno, sobre el colesterol plasmático (Hu et al, 1999). De hecho, revelan que algunos individuos no responden al nivel de colesterol en la dieta y que incluso otro segmento de la población puede ser genéticamente resistente a las elevaciones de colesterol sanguíneo como respuesta al nivel mismo de la dieta (McNamara y Nicolosi, 1998). Como consecuencia de estos hallazgos, se ha establecido que individuos sanos pueden consumir un huevo diariamente sin que se afecten sus niveles de colesterol sanguíneo y sin representar ello un factor de riesgo cardiovascular (Kraus et al. 2000).

A pesar de toda la información que al respecto se ha generado en los últimos años, muchas personas aun continúan restringiendo su consumo. Por tal motivo, se han realizado diversos estudios no solo para enriquecer el huevo con AG ω 3 sino también con el fin de reducir el contenido de colesterol en el huevo, como se señala en el siguiente punto.

2.4.5 Síntesis de colesterol endógeno.

La biosíntesis de colesterol ocurre en toda célula con núcleo. Todos los átomos de carbono del colesterol derivan del acetato, el cual se convierte en unidades de isopreno. Estas unidades se condensan formando un precursor lineal del colesterol y luego se ciclan. El acetil Co-A se convierte en unidades de isopreno con la formación de hidroximetilglutaril-Coa (HMG-CoA) por acción de la tiolasa y la HMG-CoA sintasa. La HMG-CoA reacciona con NADPH y por acción de la enzima HMG-CoA reductasa se forma mevalonato. Esta enzima es mediadora de la etapa determinante de la velocidad de la biosíntesis del colesterol. El escualeno es el intermediario lineal en la biosíntesis del colesterol. El escualeno se cicla para formar el esterol precursor del colesterol: el lanosterol (Klasing, 1998) (Figura 12).



Figura 12. Ruta de biosíntesis de colesterol endógeno.

Fuente: Klasing, 1998

El colesterol en realidad circula a modo de ida y vuelta entre el hígado y los tejidos periféricos. Mientras que las LDL transportan colesterol desde el hígado, el colesterol es devuelto al hígado por las HDL. El colesterol es eliminado del organismo por dos vías, protegiendo así al cuerpo de una superacumulación de esta sustancia insoluble en agua (Klasing, 1998; McNamara y Nicolosi, 1998):

1. La mayor parte del colesterol y de los ácidos biliares son reabsorbidos en el intestino y enviados nuevamente al hígado para su reutilización en lo que denominan circulación enterohepática.
2. Una pequeña proporción de colesterol junto con las sales biliares es arrastrada por las heces.

2.4.6 Métodos utilizados para reducir el colesterol en el huevo de gallina.

Algunos de los métodos que se han empleado para tal fin son:

Drogas: como el Triparanol, Probucol y Lovastina. Sin embargo, aun cuando las reducciones en colesterol han sido interesantes, tienen pocas posibilidades de ser utilizados en la producción comercial debido a su elevado costo y a la posibilidad de dejar residuos en el huevo.

Compuestos naturales: harina de alfalfa, cebada, pectina y hojuelas de avena, celulosa, esteroides vegetales. La inclusión en la dieta de compuestos específicos como lecitina y emulsificadores que promueven la absorción de colesterol acentuaron su deposición en la yema. (Beyer y Jensen, 1991,1992,1993a,1993b). En el cuadro 10 se resumen algunos de los resultados obtenidos en estos ensayos.

Tal como se observa en el cuadro 10, el empleo de material fibroso en las dietas presentó mucha variación, ya que mientras la pectina y las hojuelas de avena redujeron los niveles de colesterol en el huevo, la celulosa lo incrementó. Por otra parte, la inclusión de esteroides vegetales redujo considerablemente el colesterol en la yema, al parecer como consecuencia de la habilidad de estos para competir con el colesterol por los sitios de absorción. Cuando Beyer y Jensen, (1992) emplearon 0.27% de ácido cetioisocaproico en la dieta de las aves se redujo la concentración de colesterol un 7%. Estos mismos autores Beyer y Jensen, 1993, utilizaron 10% y 20% de sorbosa, pero en este caso el colesterol se elevó y además se afectaron negativamente parámetros productivos, como el porcentaje de postura, consumo de alimento y peso de huevo. En otro estudio en que se empleó ácido orótico en niveles de 0.5, 1.0 y 2% en las dietas de las gallinas, no se observó cambio alguno en la concentración de colesterol en el huevo (Beyer y Jensen, 1991).

Cuadro 10 . Efecto de diversos ingredientes sobre el colesterol del huevo

Ingrediente	Efecto
Celulosa	+
Pectina	-
Hojuelas de avena	-
Lecitina	+
Emulsificadores	+
Esteroles vegetales	-
Triparanol	-
Azasterols	-
Probucol	-
0.27% de ác.cetoisocaproico	-
Sorbosa	+
Ácido orótico	+
Harina de cebada alta en proteína	-

+ aumentó o no tuvo cambio

- redujo la concentración.

Fuente Carrillo et al (1999).

Las algas marinas resultan ser otra alternativa interesante, en virtud de las propiedades hipocolesterolémicas que poseen (Jiménez-Escrig y Goñi,1999); Rodríguez (1995); Nishide y Uchida (2003).

2.4.6.1 Algas marinas

Las algas marinas, son un recurso natural, que constituye el 71 % de la superficie de nuestro planeta. De acuerdo a su color se les divide en tres grandes grupos (Chapman y Chapman, 1980):

- ✓ **Clorofitas y cianofitas o algas verdes y azul verdosas:** se utilizan como alimento, en estado fresco o secas, son una fuente de vitaminas A, B1 y C. También se pueden utilizar para la fabricación artesanal de papel. Ej. *Ulva* *Enteromorpha*, etc.
- ✓ **Feofitas o algas pardas:** algunas de las formas mayores de este tipo de algas se llaman "algas de roca", otras son las llamadas "Kelps". Las algas pardas se emplean como materia prima en la obtención de alginatos (debido a que forman gel) para ser utilizados en la industria farmacéutica y de alimentos. Ej. *Macrocystis*, *Sargassum*, etc.
- ✓ **Rodofitas o algas rojas:** generalmente se les encuentran en fondos arenosos o fangosos de aguas frías. Son usadas para consumo humano directo y para la producción de agar y carrageno Ej. *Porphyra columbina* y *Gigartina chamissoi*)

Sargssum sinicola

Se le conoce comúnmente como Sargazo. Es un alga café que pertenece a la División Phaeophyta, Clase Phaeophyceae, Orden Fucales (Chapman y Chapman,1980).

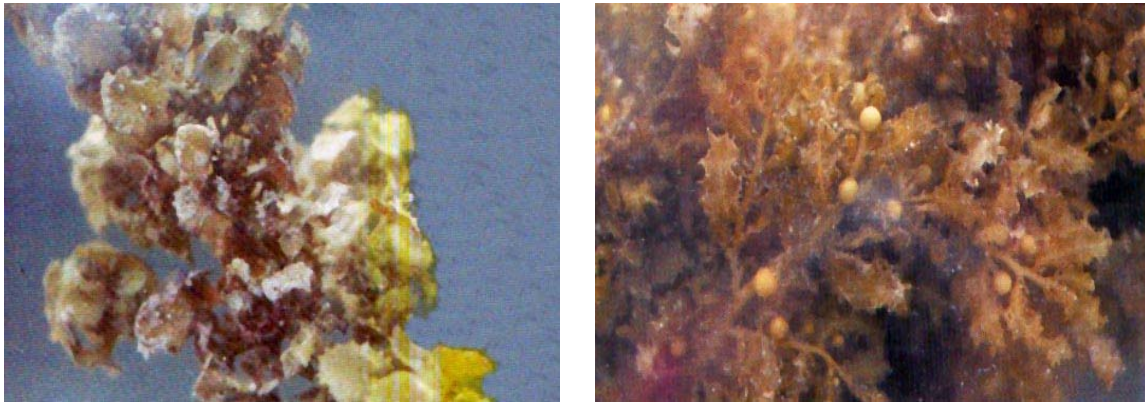


Figura 13. ***Sargassum sinicola***

El género *Sargassum* cuenta con cerca de 400 especies, distribuidas a nivel mundial en aguas tropicales y subtropicales. En los litorales de la República Mexicana se produce en forma abundante este género, destacando la presencia del alga *Sargassum sinicola*, de la cual se pueden obtener casi 20,000 t en una primavera y una cantidad no menos importante en épocas frías. Estos organismos dominan en número y biomasa sobre otras especies de algas a lo largo del Golfo de California y forman grandes prados en la zona intermareal y submareal, (Hernández,1990; Rocha y Siqueiros-Beltrones, 1990; Espinoza y Rodríguez, 1992; Rodríguez , 1995).

Se encuentra en forma fija a lo largo de las playas y flotando libremente en mar abierto. El talo de esta alga es complejo y está dividido en porciones semejantes a tallos y hojas con ramas fructíferas especializadas, su organización es radial (Figuras 13 y 14)(Rocha y Siqueiros-Beltrones, 1990; Rodríguez 1995).

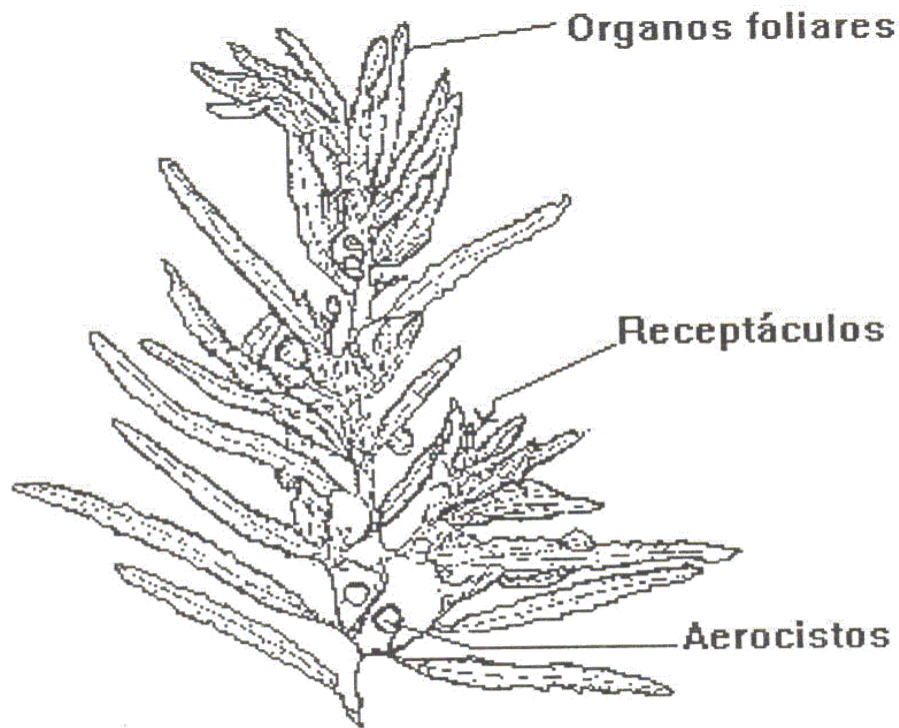


Figura 14. Estructura morfológica de *Sargassum sinicola*

Macrocystis pyrifera

Se le conoce comúnmente como “Sargazo gigante”. Es un alga café perteneciente a la División Phaeophyta, Clase Heterogeneratae, Orden Laminariales (Chapman y Chapman,1980; Casas y Ponce,1996).



Figura 15. *Macrocyctis pyrifera*

Es una especie de aguas templadas y frías. Generalmente se distribuye entre los 8–20 m de profundidad pero pueden alcanzar hasta los 50 metros de profundidad. Por medio de una estructura de fijación llamada rizoide se sujeta a sustratos rocosos, a partir de este rizoide se desprenden varias ramificaciones denominadas estipes (semejante a un tallo), a lo largo de los cuales se encuentra unas estructuras llamadas neumatocitos de los cuales se desprenden unas láminas. Cada lámina es sostenida por un pedicelo individual y un neumatocito. La combinación de estas tres estructuras forman una hoja. Las hojas maduras son de forma lanceolada y generalmente rugosas con dentículos marginales (Figuras 15 y 16). En México se distribuye desde las Islas Coronado, en el extremo norte de la Península de Baja California, hasta Punta San Hipólito, Baja California Sur. Desde hace aproximadamente medio siglo, es cosechada en los mantos de esta zona y exportada en fresco a EUA para la extracción de alginatos (Casas y Ponce,1996).

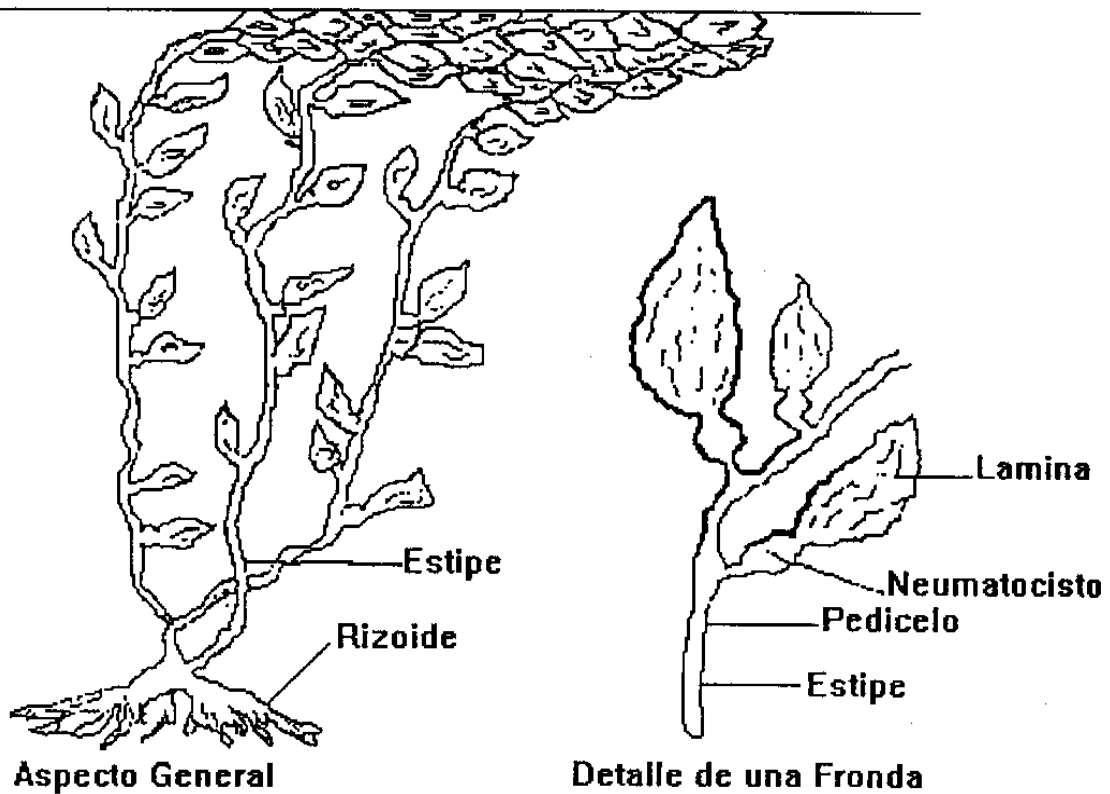


Figura 16. Estructura morfológica de *Macrocyctis pyrifera*

***Enteromorpha* spp**

Esta es un alga verde que pertenece a la División Chlorophyta, Familia Ulvaceae (Calumpong y Menees, 1997). Existen varias especies.

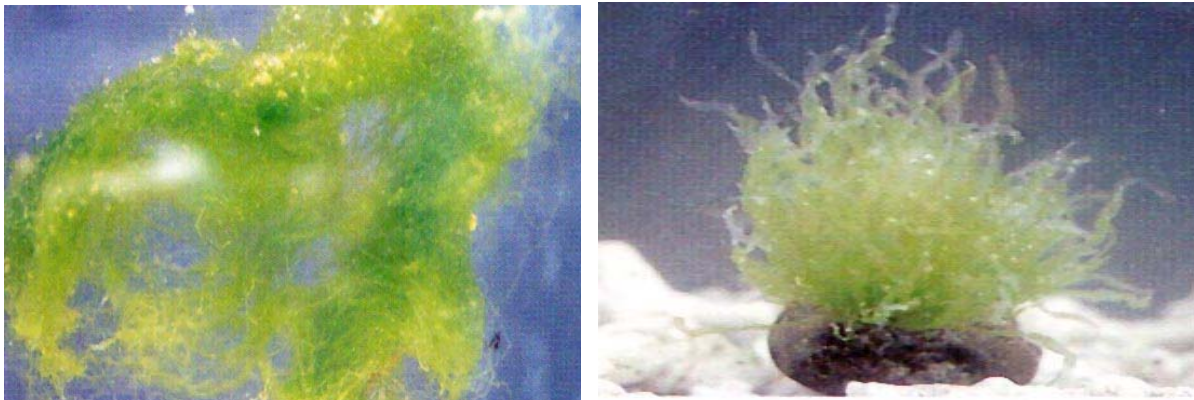


Figura 17. *Enteromorpha intestinalis*

El tallo es recto, de color verde claro, con un altura de aproximadamente 10 cm, pero pueden alcanzar alturas de hasta 40 cm. Las ramificaciones están presentes en la base, y tienen un diámetro de 8 mm. Es común encontrarlas en zonas intermareales altas, sobre rocas o entremezcladas con otras algas y crece en forma abundante en zonas con alta cantidad de nutrientes o áreas eutroficas. Se les puede encontrar a profundidades de 0-7 m.(Aguilera et al. 2005) (Figura 17).

Existen amplias variaciones en el contenido de nutrimentos de las algas debidas a la época del año y lugar de colecta entre otras cosas (Castro et al.1994; Carrillo et al. 1992,2002). En general, las algas marinas se caracterizan por tener un bajo contenido calórico y de lípidos, pero un alto contenido de material inorgánico, vitaminas y son fuente importante de polisacáridos complejos (alginatos, agar, laminarina, fucoidina, galactanos, carragenina)(Cuadro 11). Asimismo se ha observado que las algas marinas poseen esteroides y carbohidratos con propiedades hipocolesterolémicas; algunos otros efectos que se les han atribuido son su actividad antioxidante, anticancerígena y anticoagulante (Jiménez-Escrig y Goñi, 1999).

Ratas alimentadas con una dieta rica en colesterol y polisacáridos procedentes de algas (alginato sódico, agar, carragenano o furonano), presentaron una reducción en los niveles de colesterol plasmático, correlacionado con la mayor excreción de esteroides en heces (Ito et al., 1972; Reiner,1981).

En otro estudio realizado por Nishide y Uchida (2003) se observó una reducción en la concentración de colesterol total, triglicéridos y fosfolípidos en el suero de ratas que consumieron el alga verde *Ulva* (en polvo) en diferentes concentraciones (1,2,3,4,5,6,8 y 10%), asimismo la presencia de colesterol total y ácidos biliares en heces se incrementó conforme se incrementó el nivel de inclusión del alga en la dieta.

Cuadro 11 . Composición química de harinas de algas marinas

Fracción (g/100g)	Algas cafés	Algas verdes	Algas rojas
Cenizas	34.43 - 63.74	32.64 - 55.14	35.84 - 47.78
E.L.N	21.62 - 43.55	20.35-25.75	24.88 - 44.56
Extracto Etéreo	0.58 -0.63	0.67 - 2.20	0.42 - 2.56
Proteína cruda	3.13 - 6.97	9.45 - 10.51	6.57 - 17.67
Energía bruta	1.88 -2.86	1162 +-0.03	1.54 - 3.40
Fibra cruda	4.73 - 7.57	4.66+- 0.19	3.89 - 6.14
Calcio	5.56 - 7.28	2.49- 5.10	1.80 - 13.20
Fósforo	0.51 - 0.53	0.52 - 3.50	0.51 - 0.52
Sodio	2.30 - 14.75	3.51- 9.20	1.76 - 15.77
Potasio	3.91 - 20.56	1.80- 2.24	1.81 - 7.96
Magnesio	1.27 - 1.79	0.71- 3.30	1.01 - 5.40
Hierro ppm	204 - 458	372-787	375 - 420
Zinc ppm	9 - 50	0.02-45	11- 19
Cobre ppm	47 - 61	47-62	47

Fuente: Carrillo et al. 2002

Abe y Kaneda (1972), reportaron que ratas alimentadas con 5% de *Enteromorpha* y *Monostroma* mostraron un efecto similar al reducir el colesterol en plasma y que incluso el efecto fue superior al de *Ulva*.

Los estudios realizados con algas marinas en aves son pocos (Rojkind, 1977; Carrillo et al. 1990; Ventura et al. 1994; Meza et al. 2001). Y aún más reducido es el número de trabajos referentes al efecto de las algas sobre la concentración de colesterol en huevo. En un estudio realizado por Rodríguez (1995); se obtuvieron reducciones interesantes en la concentración de colesterol en huevo, al incorporar el alga café *Sargassum sinicola* en la ración de gallinas ponedoras; con 6% obtuvieron una reducción de 34% con respecto al grupo testigo y con 9% fue del 12%.

En otro estudio realizado por Ramos et al. (2002), en el cual se incluyeron *Ulva lactuca* 9%, *Macrocystis pyrifera* al 9% y *Ulva lactuca* + *Macrocystis pyrifera* 9% en la dieta de gallinas ponedoras, se observó una reducción significativa en las concentraciones de colesterol total y HDL-colesterol en suero.

2.5 Metabolismo de lípidos en las aves.

Ahora bien modificar la composición lípidica del huevo incrementando su concentración de AG ω 3 y reduciendo la cantidad de colesterol en el mismo, es factible tal como se ha evidenciado en los trabajos de investigación ya señalados, ya que el metabolismo de los lípidos en las aves permite hacerlo. Aunque ha resultado más fácil lograr lo primero que lo segundo. (Klasing, 1998)

2.5.1. Absorción y digestión de las grasas

No existe evidencia de que haya alguna hidrólisis de las grasas en la parte alta del tracto intestinal de las aves, aunque se cree que en el proventrículo y en la molleja pueda haber una actividad limitada. La digestión y absorción de las grasas en las aves ocurre principalmente en el intestino delgado (Figura 18).

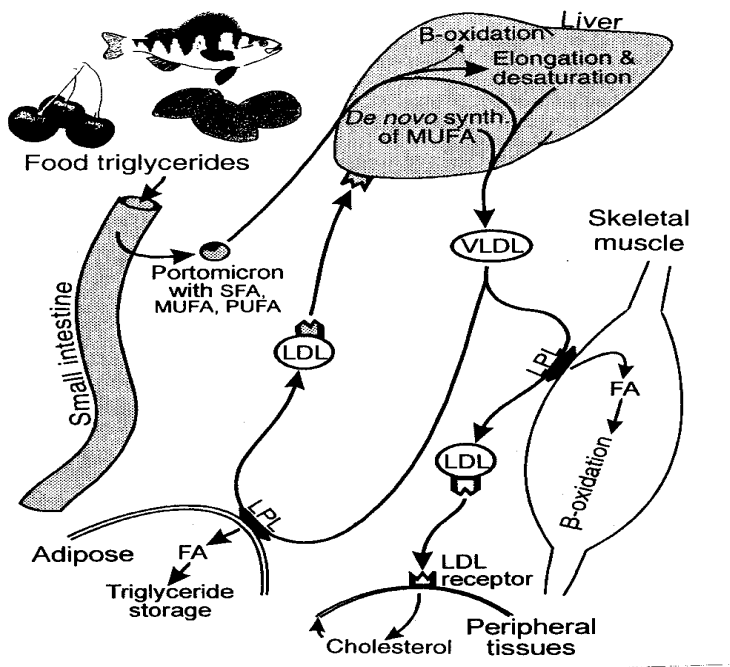


Figura 18. Absorción intestinal de la grasa en las aves.
Fuente: Klasing (1998)

Después de ingerir la grasa a través de la dieta, esta llega al intestino delgado, predominando los triglicéridos. La lipasa pancreática actúa sobre los triglicéridos y libera ácidos grasos y monoacilglicéridos. Estos se mezclan con ácidos biliares, fosfolípidos y colesterol proveniente de la bilis, formando micelas complejas (formadas por un núcleo apolar de triglicéridos y ésteres de colesterol rodeados por una cubierta anfifílica de proteínas, fosfolípidos y colesterol), necesarias debido a la baja solubilidad del colesterol en el medio acuoso del intestino (Figura 18). Los ácidos grasos, los monoacilglicéridos y el colesterol son absorbidos por difusión de las micelas a la mucosa intestinal, donde los ácidos grasos y monoglicéridos son recombinados por acción enzimática para formar triglicéridos.

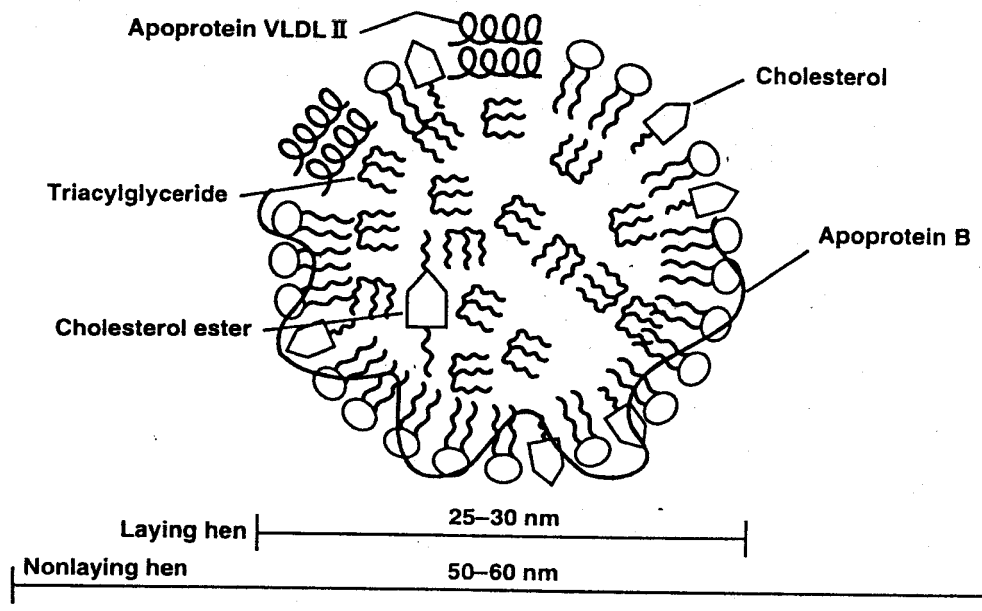


Figura 19. Estructura de una lipoproteína-triglicérido
 Fuente: Klasing, 1998

Estos son recombinados junto con el colesterol en partículas llamadas lipoproteínas que servirán como vehículos transportadores en el plasma (Klasing, 1998; Leeson y Summers, 2001).

En las aves la primera clasificación de las lipoproteínas consiste de (Klasing, 1998):

Portamicrones. Son sintetizados durante la absorción intestinal de la grasa dietaria, circulan en la sangre y son eliminadas por el hígado. Se encargan de transportar triglicéridos y colesterol exógeno desde los intestinos a los tejidos.

Lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) y lipoproteínas de baja densidad (LDL). Estas se encargan de transportar colesterol endógeno y lípidos desde el hígado a los tejidos.

Lipoproteínas de alta densidad (HDL). Redistribuyen los lípidos entre los tejidos periféricos y regresan los lípidos al hígado para ser reutilizados o excretados.

III. JUSTIFICACION

Hoy se sabe que el consumo frecuente de AG ω 3, particularmente del EPA y el DHA, reduce el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, además de otros beneficios, por lo que resulta de gran importancia estimular su consumo.

Estos AG ω 3 se encuentran principalmente en peces y crustáceos, pero en México al igual que en otros países, el consumo de los productos marinos es muy bajo, mientras que el de productos avícolas como el del huevo es mas alto. Por tal motivo, se ha considerado al huevo de gallina como un excelente vehículo para hacer llegar los beneficios de los AG ω 3 a la población. Esto es posible, ya que a través de la dieta de las aves se puede modificar la concentración de los ácidos grasos en la yema de huevo. Son diversos los ingredientes que se han empleado para tal fin, sin embargo el aceite de pescado es uno de los que mayor concentración de EPA y DHA presentan. En particular el aceite de sardina es una excelente alternativa ya que es una de las especies de mayor importancia comercial pesquera en México.

Por otra parte, reducir el contenido de colesterol en el huevo es importante ya que muchas personas reducen o eliminan de su dieta el huevo por su alto contenido de colesterol. El empleo de algas marinas para lograrlo es una posible alternativa en virtud de las propiedades hipocolesterolémicas que se les han atribuido.

IV. OBJETIVOS

Objetivo general

Obtener a un mismo tiempo huevos con un alto contenido de AG ω 3 pero con un bajo contenido de colesterol, mediante la inclusión en forma combinada de aceite de sardina y algas marinas en la dieta de gallinas ponedoras

Objetivos particulares

- Determinar si la inclusión de aceite de sardina en la dieta de gallinas ponedoras, aumenta la concentración de AG ω 3 en el huevo.
- Determinar si la inclusión de algas marinas en la dieta de gallinas ponedoras reduce el contenido de colesterol en la yema de huevo.
- Determinar si la inclusión, en forma combinada, de aceite de sardina y algas marinas en la dieta de gallinas ponedoras afecta la calidad física del huevo.
- Determinar si la inclusión, en forma combinada, de aceite de pescado y algas marinas en la dieta de las gallinas ponedoras afecta las características sensoriales del huevo.
- Determinar si la inclusión, en forma combinada, de aceite de pescado y algas marinas en la dieta de las gallinas ponedoras afecta las variables productivas de las aves.

V. HIPÓTESIS

- La inclusión de aceite de sardina en la dieta de gallinas ponedoras aumenta la concentración de AG ω 3 en el huevo.
- La inclusión de algas marinas en la dieta de gallinas ponedoras reduce el contenido de colesterol en la yema de huevo.
- La inclusión en forma combinada, de aceite de sardina y algas marinas en la dieta de gallinas ponedoras no afecta en forma alguna la calidad física del huevo.
- La inclusión en forma combinada, de aceite de pescado y algas marinas en la dieta de las gallinas ponedoras no afecta en forma alguna las características sensoriales del huevo.
- La inclusión en forma combinada, de aceite de pescado y algas marinas en la dieta de las gallinas ponedoras no afecta en forma alguna las variables productivas de las aves.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio forma parte de la línea de investigación “Aprovechamiento de los recursos naturales vegetales y marinos para el desarrollo de productos avícolas funcionales”, del Departamento de Nutrición Animal en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INNCSMZ). El desarrollo del estudio se muestra en la Figura 20.

6.1 Obtención del aceite de sardina

El aceite de sardina fue proporcionado por la empresa pesquera “La Suprema” ubicada en Guaymas, Sonora, México y fue trasladado en un bidón a la ciudad de México. Se mantuvo en refrigeración a una temperatura de (4°C). El aceite no estaba deodorizado y contenía como antioxidante el BHT en una concentración de 200 ppm. Después se trasladó en botes cerrados al Centro Experimental de Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.A.) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. La composición en ácidos grasos del aceite se determinó de acuerdo al método 969.33 del AOAC (Horwitz, 2000) mediante cromatografía de gases (Cuadro 13).

6.2 Recolección y procesamiento de las algas marinas utilizadas en este estudio

La recolección de las algas se realizó en las costas de la Península de Baja California Sur, México. *Macrocystis pyrifera* en Bahía Tortugas, *Sargassum sinicola* en Bahía de la Paz y *Enteromorpha spp.* en el Malecón de la Paz.

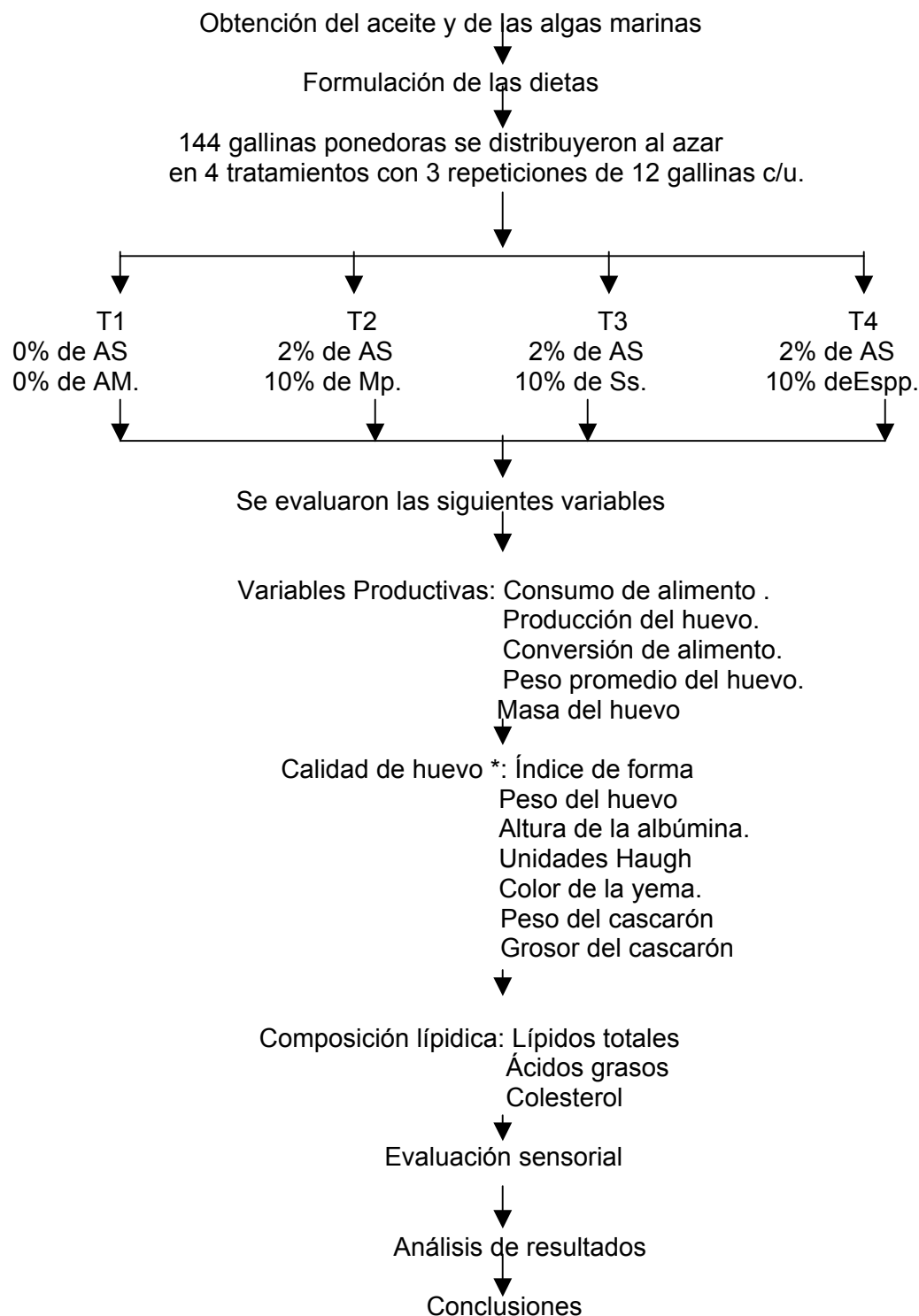


Figura 20. Diagrama de flujo de las actividades realizadas en el estudio
AS: Aceite de Sardina, Tratamiento: testigo, Ss: *Sargassum sinicola*, Mp: *Macrocystis pyrifera*, Espp: *Enteromorpha spp*

Todas las algas fueron recolectadas en forma manual, se enjuagaron con agua de mar para eliminar material extraño o diferente a ellas. Para su secado las algas se expusieron al sol durante dos días, sobre una superficie de cemento. Ya secas se molieron con un molino de martillos y se colocaron en bolsas de plástico dentro de cajas de cartón, identificadas debidamente, para ser transportadas a la Ciudad de México. Posteriormente por cuarteo se tomó una submuestra de 1 kg, de cada alga se molió en un molino de cuchillas con malla de 1mm para obtener la harina y se realizó el análisis químico aproximado (humedad, cenizas, proteína, fibra cruda, extracto etéreo, ELN por diferencia) de acuerdo a los métodos de la AOAC (2000); energía bruta (mediante una bomba calorimétrica Parr), minerales (Ca, P, Na, K, Mg) por los métodos del AOAC (Horwitz 2000), lípidos totales por el método 923.07 del AOAC (Horwitz 2000), colesterol siguiendo el método descrito por Fenton y Sim (1991) y ácidos grasos por el método 969.33 del AOAC (Horwitz 2000). Los dos últimos análisis se realizaron utilizando un cromatografo de gases Varian 3400 CX.

6.3 Formulación y preparación de las dietas

Se elaboraron 4 dietas isoprotéicas e isoenergéticas de las cuales 3 contenían 2% aceite de sardina (AS) más 10% de algas marinas (AM) (*M. pyrifera*, *S. sinicola* o *Enteromorpha* spp), sustituyendo parcialmente a la pasta de soya (Cuadro 12). Los tratamientos quedaron de la siguiente manera:

T = Grupo testigo

AS+Mp = 2% aceite de sardina + 10% *M.pyrifera*

AS+Ss = 2% aceite de sardina + 10% *S.sinicola*

AS+Espp = 2% Aceite de sardina + 10% *Enteromorpha* spp.

La formulación de las raciones se hizo con el programa Nutrion Windows TM versión 5.0 Pro (Comercializadora de Software S.A. de C.V).

Cuadro 12. Composición de las dietas (g/100g)

Ingrediente	T	AS+Mp	AS+Ss	AS+Esp
Sorgo milo (9%) ¹	62.69	50.14	50.14	52.16
Pasta de Soya (48%) ¹	23.83	24.37	24.84	23.35
Alga marina	0	10	10	10
Carbonato de calcio	8.82	8.66	7.93	8.42
Aceite de soya	2.35	3.05	2.99	2.35
Aceite de sardina	0	2.00	2.00	2.00
Ortofosfato 1820 ²	1.45	1.12	1.49	1.05
Sal (NaCl)	0.36	0.15	0.15	0.014
Mezcla vitamínica y min ³	0.25	0.25	0.25	0.25
NR micoad (klin-sil) ⁴	0.01	0.1	0.1	0.1
Cloruro de colina 60	0.05	0.05	0.05	0.05
Metionina 98	0.0456	0.052	0.046	0.06
NRFuracyl				
Furacoltyzona ⁵	0.01	0.0015	0.0015	0.0015
Avelut polvo(Florafil) ⁶	0.005	0.005	0.005	0.005
Avired (Lucantin) ⁷	0.003	0.003	0.003	0.003
L-lisina HCl	0	0	0	0.023

1 Contenido de proteína cruda

2 Ortofosfato fosfato monosodico P 21%min Ca 13%min. F0.21 %max. Fosfato monodivale, como suplemento mineral.

3 Vitaminas (por kg de la dieta): A, 12000 UI; D3, 2500 UI; E, 30 UI; K3, 2 mg; tiamina, 2.25 mg; riboflavina, 7.5 mg; B6, 3.5 mg; B12, 0.02 mg; niacina, 45 mg; ácido pantoténico, 12.5 mg; biotina, 0.125 mg; ácido fólico, 1.5 mg. Minerales (mg/kg de la dieta): Zinc, 50; cobre, 12; yodo, 0.3; cobalto, 0.2; hierro, 110; selenio, 0.1; manganeso, 110

4 Klin –sil como funguicida

5 Furacoltyzona como antimicótico

6 Florafil polvo como fuente de xantofilas naturales de harina de flor de cempoaxuchitl

7 Lucantin rojo polvo como fuente de Cantaxantina.⁸ Cortesía de Pigmentos Vegetales S.A. de C. V.

T= testigo. AS= aceite de sardina. Mp= *M. pyrifera*. Ss= *S. sinicola*. Esp= *Enteromorpha spp.*

6.4 Ensayo experimental con las aves.

Se realizó en el Centro Experimental de Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.A.) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en la Delegación de Tlahuac, a una altura de 2250 msnm. El diseño utilizado fue uno completamente al azar, distribuyendo 144 gallinas Leghorn de 35 semanas de edad en 4 tratamientos con 3 repeticiones de 12 gallinas cada una. Las aves se alojaron en jaulas individuales durante las 8 semanas que duró el experimento. El agua y alimento se suministraron a libre acceso. La temperatura promedio dentro de la caseta fue de 16 ° C. siendo enero el mes más frío y mayo el más caluroso.

6.5. Medición de variables productivas

Diariamente se midió por réplica, el consumo de alimento y el peso del huevo. Cada semana se obtuvo un resumen de estas dos variables y del porcentaje de postura, conversión alimenticia y masa de huevo. Al final de las 8 semanas, se hizo un resumen semanal de todas estas variables por cada réplica (North y Bell, 1986).

El consumo de alimento se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Consumo de alimento/ave/día} = \frac{\text{Alimento consumido por semana}}{\text{Número de gallinas por semana}}$$

El peso promedio del huevo se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{Peso promedio de un huevo (g)} = \frac{\text{Peso promedio del huevo por semana}}{\text{Número de huevos por semana}}$$

El porcentaje de postura ó producción de huevo se calculó de la siguiente forma:

$$\text{Producción de huevo (\%)} = \frac{\text{Huevo producido por semana}}{\text{Número de gallinas por semana}} \times 100$$

La conversión alimenticia se calculó con la siguiente fórmula :

$$\text{Conversión Alimenticia} = \frac{\text{Alimento consumido por semana (g)}}{\text{Peso total de huevo (g)}}$$

La masa de huevo se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$M = \text{Producción de huevo por ave (\%)} \times \text{Peso promedio de cada huevo (g)}$$

Donde: M = Masa promedio de huevo/ gallina /día, en gramos.

6.6 Evaluación de la calidad física del huevo

Al final de la octava semana de experimentación se tomaron al azar 5 huevos de cada repetición, haciendo un total de 15 huevos por tratamiento. En cada pieza se evaluaron los siguientes aspectos:

Limpieza. Se evaluó la limpieza del cascarón, si presentaba o no manchas de sangre o de excremento, si estaba poroso o rugoso. Internamente se buscaron en la yema manchas de sangre o de carne.

Índice de forma. Con la ayuda de un vernier se midió el ancho y el alto de cada pieza para calcular el índice de forma (Quintana,1999):

$$\text{Índice de forma} = \text{ancho del huevo} / \text{largo} \times 100$$

Peso del huevo. Cada pieza se pesó en una balanza analítica digital Ohaus.

Altura de la albúmina. Se rompió el cascarón y el contenido se depositó sobre una mesa de vidrio transparente. Para medir la altura de la albúmina densa, se colocó un calibrador metálico a un centímetro de la yema (Figura 22).

Unidades Haugh. Se obtienen mediante la siguiente fórmula (Buxadé,1987):

$$UH = 100 \log (h - 1.7 p^{0.37} + 7.6)$$

Donde: UH = Unidades Haugh

h = altura de la albúmina densa (mm)

p = peso del huevo en gramos.

En este caso se empleó un equipo automatizado (Technical Service and Supplies, Inc) cuyo software realiza en forma automática el cálculo, tomando en consideración la altura de la albúmina y el peso del huevo.

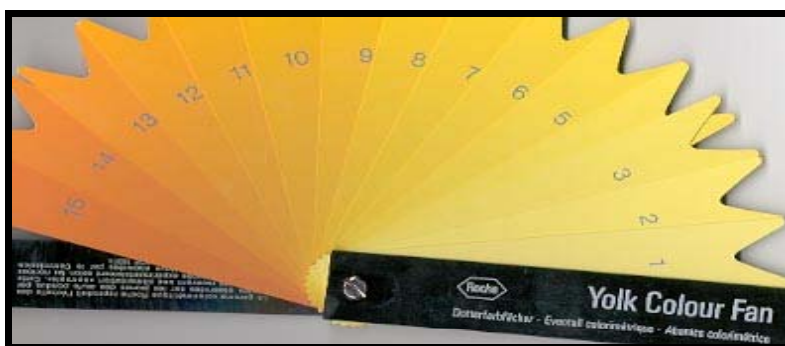


Figura 21. Abanico Roche para el color de la yema

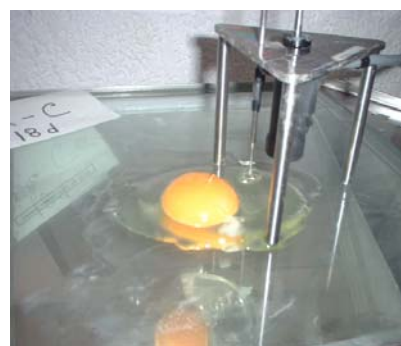


Figura 22. Calibrador

Color de la yema. El mismo equipo automatizado cuenta con un colorímetro basado en la escala del abanico Roche cuyos valores van del 1 al 15 correspondiendo el amarillo más pálido al número 1 y el 15 a un amarillo-naranja más intenso (Figura 21).

Grosor del cascarón. Del ecuador del cascarón se tomó una pequeña porción para medir el grosor del cascarón con un micrómetro (Figura 23).



Figura 23. Micrómetro



Figura 24. Cromatógrafo de gases

6.7 Cuantificación de colesterol, lípidos totales y ácidos grasos en el huevo.

Al final de las ocho semanas de experimentación, se tomaron 5 huevos por tratamiento. Se hizo un “pool” de los 5 huevos (yema + clara) y se procedió a determinar el contenido de colesterol (n =7), lípidos totales (n =9) y ácidos grasos (n =5).

Para la determinación de colesterol se utilizó el método de Fenton y Sim (1991), es decir se realizó una saponificación directa y se cuantificó por cromatografía de gases. Se utilizó como estándar interno el 5 alfa colestano, el cromatógrafo utilizado corresponde a la siguiente descripción:

Cromatógrafo de gas Varian 3400CX, (figura 24) equipado con una columna capilar DB-5 (3m x 0.25mm id) y un detector de ionización de flama (FID). El gas usado para acarrear fue nitrógeno aplicando un flujo de 30mL/min.

Las temperaturas utilizadas para este equipo son :

Columna	280°C
Inyector	260°C
Detector	280°C.

Para ácidos grasos se utilizó el método 969.33 de la AOAC (Horwitz 2000) (Anexo 1). Los metil éster ácidos grasos se cuantificaron en un cromatógrafo de gas que corresponde a la siguiente descripción:

Cromatógrafo de gas Varian 3400CX con una columna DB23 (30m x0.25mm id), equipado con un automuestreador y un detector de ionización de flama (FID). El gas utilizado para acarrear fue N₂ a un flujo de 30mL/min.

Los tiempos de retención fueron comparados con un estándar interno que fue el ácido miristoléico.

6.8 Evaluación de las características organolépticas del huevo

Esta prueba se realizó en el Laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del INCMNSZ, en cubículos individuales, utilizando luz blanca para la evaluación de color de la yema y el sabor del huevo.

Evaluación del sabor del huevo. Al final del experimento se tomaron 6 piezas de cada tratamiento y se cocinaron en forma de huevo revuelto, con un poco de aceite vegetal y sin sal. Se empleó una prueba afectiva para medir el grado de satisfacción mediante el uso de una escala hedónica (Anzaldúa-Morales, 1994), en ella participaron 32 jueces no entrenados de ambos sexos, consumidores habituales de huevo. A cada panelista se le entregó un plato de unicel blanco, con 4 diferentes muestras de huevo revuelto, cada una identificada con un número aleatorio de 3 dígitos. Asimismo se les entregó, junto con un cuestionario (Anexo 2), una pieza de pan blanco y agua que debían consumir entre cada muestra a fin de eliminar el sabor residual (Figura 25).

Evaluación del color de la yema. Al final del experimento se tomaron huevos de cada tratamiento, se cascarón(se rompieron) y cada uno se colocó en recipientes transparentes sobre un fondo blanco. Se empleó una prueba afectiva para medir el grado de satisfacción mediante el uso de una escala hedónica (Anzaldúa-Morales, 1994), participaron 32 jueces no entrenados de ambos sexos, consumidores habituales de huevo. A cada panelista se le entregó una charola con 4 diferentes yemas de huevo, cada una identificada con un número aleatorio de tres dígitos, junto con un cuestionario (Anexo 2) en el cual debía indicar el nivel de agrado por cada una de ellas (Figura 25).



Figura 25. Evaluación sensorial del sabor del huevo y del color de yema

6.9 Análisis estadístico

El análisis estadístico empleado para todas las variables fue un análisis de varianza para un diseño completamente al azar y para comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con una significancia de 0.05%. El manejo de los datos se realizó siguiendo el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS versión 6.12 (SAS Institute Inc.).

7. RESULTADOS y DISCUSIÓN

7.1 Composición en ácidos grasos del aceite de sardina

Cuadro 13. Composición en ácidos grasos del aceite de sardina

Acido graso	mg/100g	Acido graso	mg/100g
Butírico	18.20	Linoléico (LA)	383.40
Caprónico	4.01	Γ-linolénico	90.89
Caprílico	8.50	Α-linolénico (ALA)	313.82
Cáprico	3.24	Araquídico	725.77
Undecanóico	2.33	Cis-11-eicosenóico	656.52
Laurico	28.56	Cis-11,14-eicosadienóico	64.23
Tridecanóico	14.04	Cis-11,14,17-eicosatrienóico	16.42
Mirístico	2271.54	Cis-8,11,14-eicosatrienóico	62.05
Pentadecanóico	193.94	Araquidónico (AA)	386.66
Cis 10 pentadecenóico	0.21	Heneicosanóico	40.33
Palmítico	4228.37	Behenico	242.99
Palmitoléico	3155.24	Eicosapentaenóico (EPA)	4750.45
Heptadecanóico	397.25	Erucico	723.19
Cis-10 heptadecenóico	408.49	Cis-13,16docosadienóico	8.57
Estearico	620.81	Tricosanóico	235.37
Elaidico	1677.42	Lignocérico	22.86
Oleico	4762.78	Nervónico	745.09
Linolelaidico	24.50	Docosahexaenóico (DHA)	3272.83

En el cuadro 13 se puede observar que el aceite de pescado en este caso el aceite de sardina es un recurso natural rico en ácidos grasos insaturados es decir contiene un 71.13% de AGI, y un 28.87% de AGS, de los insaturados un 39.69% corresponde a los monoinsaturados y un 31.44% a los poliinsaturados y en cuanto a EPA y DHA les corresponde un 15.4% y 10.71% respectivamente.

Estos resultados concuerdan con los publicados por Astiasarán y Martínez, 2000, en los cuales se puede observar que el aceite de sardina al igual que otros aceites provenientes de pescados de aguas frías son ricos en ácidos grasos poliinsaturados.

7.2 Composición química y lípidica de las harinas algales.

Cuadro 14. Composición química de las harinas algales

	<i>S. sinicola</i>	<i>M. pyrifera</i>	<i>Enteromorpha spp.</i>
Humedad	7.40	9.27	6.70
Cenizas	38.35	33.47	32.64
Proteína cruda	6.57	10.50	14.10
Fibra cruda	6.55	4.32	5.17
Extracto etéreo	1.05	0.61	2.20
ELN	40.08	32.83	45.89
Energía bruta Kcal/g	2.52	2.22	2.39
Calcio	3.21	1.24	2.49
Fósforo	0.01	2.57	3.50
Sodio	20.07	31.11	9.20
Potasio	5.77	5.55	1.80
Magnesio	0.90	0.49	0.71

ELN.- Extracto libre de Nitrógeno

En el cuadro 14 se puede observar que las harinas correspondientes a cada alga tienen un alto contenido de materia inorgánica. Las mayores concentraciones de minerales son de Sodio y Potasio.

De igual manera se puede observar un alto contenido de extracto libre de nitrógeno, que se relaciona con el contenido de carbohidratos. También se puede observar un alto contenido de fibra cruda. El extracto etéreo es bajo en los tres tipos de harinas.

Estos resultados son similares a los de Jiménez-Escrig y Goñi,(1999), quienes indican que la composición de las algas marinas depende de la especie, lugar de cultivo, condiciones ambientales y de recolección, pero se caracterizan por tener un bajo contenido de calorías, así como bajo aporte de lípidos; en cuanto a los carbohidratos, aunque su contenido es elevado se trata de fibra insoluble.

También las algas presentan un alto contenido de minerales, debido a su capacidad para absorber de un modo selectivo el material inorgánico del mar a través de sus carbohidratos superficiales.

Cuadro 15. Composición lípidica de las harinas algales

	<i>S.sinicola</i>	<i>M.pyrifera</i>	<i>Enteromorpha</i> <i>spp.</i>
Lípidos totales (g/100g)	1.93	2.88	2.27
Colesterol (mg/100g)	4.00	5.60	8.00
Acidos grasos (g/100g del total de ácidos grasos)			
Ac.linoleico (C18:2 LA)	6.99	8.401	6.93
Ac.α-linolenico(C18:3 ALA)	2.65	1.67	6.39
Ac.araquidónico (C20:4 AA)	9.83	13.55	1.32
Ac.eicosapentaenoico(C20:5 EPA)	3.53	4.87	2.88
Ac.docosahexaenoico(C22:6 DHA)	0.60	1.51	0.92

Como se observó en el cuadro 14 la cantidad de extracto etéreo no es muy grande, los valores que se pueden observar en el cuadro 15, nos indican que la cantidad de ácidos grasos de igual forma es muy baja. Esto es similar o es parecido a los reportes de Jiménez-Escrig y Goñi 1999, quienes mencionan que el contenido de lípidos es bajo y que oscila entre 1.5 y 3% , y mencionan que la composición en ácidos grasos varía aun dentro de la misma especie, según las condiciones ambientales y la época del año en que se realiza la recogida, en el caso de DHA, Jiménez –Escrig y Goñi, (1999), no detectaron este ácido graso, pero recordemos que la composición puede variar por diferentes factores.

7.3 Composición química de las dietas experimentales

Cuadro 16. Composición química de las dietas experimentales

Componente químico (g/100g)	T	AS+Mp	AS+Ss	AS+Esp
Humedad	7.23±0.01	6.79±0.02	6.07±0.01	6.52±0.04
Proteína cruda (Nx6.25)	16.46±0.06	16.46±0.06	17.57±0.01	19.00±0.01
Fibra cruda	2.10±0.01	2.91±0.02	2.45±0.02	3.97±0.01
Cenizas	7.97±0.02	14.04±0.03	13.21±0.01	13.72±0.01
Extracto etéreo	4.42±0.02	6.81±0.01	7.12±0.01	6.54±0.01
Carbohidratos*	62.82	52.99	53.58	50.25

Obtenidos por diferencia.

T= testigo. AS= aceite de sardina Mp= *M.pyrifera* Ss= *S.sinicola* Esp= *Enteromorpha spp.*

En el cuadro 16 se puede ver que la proporción de fibra cruda, así como la cantidad de cenizas ó materia inorgánica es mayor en las dietas que incluyeron algas marinas y aceite de pescado.

En el caso de los carbohidratos fue menor el valor obtenido para las dietas en las que se adicionó algas marinas y aceite de pescado.

7.4 Variables productivas

Tanto la producción de huevo como el consumo de alimento, la conversión alimenticia y la masa de huevo no se vieron afectados por la inclusión de aceite de sardina +algas marinas en la dieta de las aves ($P>0.05$). El peso promedio del huevo solo se vio afectado en el tratamiento AS +Mp mostrando valores menores al testigo ($P<0.05$) pero no fue diferente a los otros tratamientos que incluían algas marinas ($P>0.05$) (Cuadro 17).

Cuadro 17. Variables productivas en gallinas cuya ración incluye aceite de sardina y algas marinas

Variable	Testigo	AS+Mp	AS+Ss	AS+Esp
Producción de huevo (%)	87.30± 5.63 ^a	81.35±1.82 ^a	77.38±6.18 ^a	82.93±2.75 ^a
Peso promedio por huevo (g)	61.31±0.80 ^a	57.56±1.72 ^b	60.49±1.10 ^{ab}	59.89±1.42 ^{ab}
Consumo de alimento (g/ave/d)	107.43±3.92 ^a	107.63±4.10 ^a	109.61±4.05 ^a	112.83±4.61 ^a
Conversión Alimenticia	2.02±0.18 ^a	2.30±0.13 ^a	2.35±0.10 ^a	2.28±0.22 ^a
Masa de huevo (g)	53.5±2.80 ^a	46.84±2.21 ^a	46.79±3.44 ^a	49.69±2.79 ^a

Se presenta Media ± Desviación estándar

^{a, b.} En cada renglón literales distintas indican diferencia ($P < 0.05$)

T= testigo. AS= aceite de sardina Mp= *M.pyrifera* Ss= *S.sinicola* Esp= *Enteromorpha spp.*

El hecho de que el **consumo de alimento, la producción de huevo, masa de huevo y conversión alimenticia** no se hayan visto afectados en este estudio, indica que la inclusión de hasta 10 % de estas algas marinas, junto con el 2% de aceite de sardina, pueden ser incorporadas a la ración en forma segura. Esto concuerda con lo señalado por otros autores (Rojkind, 1977; Ventura et al 1994, Rendón et al 2003; Castillo et al 2005; Rodríguez 1995) en el sentido de que emplear niveles de inclusión de 10% o menos no afecta estas variables productivas. Niveles superiores pueden afectar la palatabilidad del alimento, bajar la producción de huevo, aumentar la presencia de agua en las heces, provocando diarrea en las aves (Rojkind, 1977; Carrillo et al. 1990). De igual manera González-Esquerro y Lesson (2000) observaron que emplear de 2% de aceite de pescado no afecta estas variables.

Por otra parte la reducción en el **peso de huevo** observada en el tratamiento AS+Mp pudiera estar relacionada con el hecho de que este tratamiento también presentó las mayores concentraciones de ácidos grasos omega 3 en el huevo. Este comportamiento ha sido observado por autores como

González-Esquerria y Lesson (2000) y Castillo et al (2005). al emplear aceites de pescado como fuentes de omega 3. Algunos autores sugieren que esto puede deberse a que al disminuir la concentración de triglicéridos en sangre a causa de los omega 3 en la dieta, se limita la disponibilidad de lípidos para la formación de la yema de huevo, también sugieren que esto puede estar afectando la circulación del estradiol y en consecuencia la formación de la yema (Van Elswyk 1997). Surai y Sparks (2000), señalan que los ácidos grasos omega 3 pueden reducir la concentración de vitamina E en plasma y tejidos, lo que afecta la formación del huevo ya que para producir un huevo enriquecido con ácidos grasos omega 3 la gallina requiere el doble de vitamina E que normalmente tiene como reserva en el hígado.

7.5 Calidad física del huevo

En cuanto al aspecto externo del huevo, se observó que a las 3 semanas 66% de las piezas del tratamiento AS+Mp, presentaban un cascarón limpio (sin manchas de sangre o de heces), 6.6% poroso y 20% rugoso; a las 8 semanas 60% tenían el cascarón limpio, 6.6% poroso y 6.6% rugoso.

Del tratamiento AS +Ss, a las tres semanas 93.4% tenían el cascarón limpio y 6.6% poroso, no presentando rugosidades en la superficie del cascarón. A las 8 semanas, 33.3% estuvo limpio y 6.6% presentaban un cascarón con porosidades y 20% con grietas.

En el caso del tratamiento AS +Epp, 66.66% tenían el cascarón limpio, sin rugosidades o poroso a las 3 semanas de experimentación. A las 8 semanas, 6.6% presentaron un cascarón limpio, 26.6% presentó grietas, sin rugosidades ni porosos.

El índice de forma y el peso del huevo (evaluado en forma individual), no se vieron afectados por la inclusión, en forma combinada, de AS +AM en la dieta de las aves, tanto en la tercera como en la octava semanas de experimentación ($P>0.05$) (Cuadro 18).

En cuanto a la altura de albúmina, se detectó un incremento notable de esta variable a las 3 semanas de experimentación en el grupo AS +Ss ($P < 0.05$), con respecto al grupo testigo y al tratamiento AS +Mp; pero similar al AS +Esp ($P > 0.05$). A la octava semana esas diferencias se anulan y es AS +Esp la que muestra el valor mas bajo, siendo diferente a AS +MP ($P < 0.05$), pero no al Testigo ni a AS +Ss ($P > 0.05$).

Al correlacionar la altura de la albúmina con el peso del huevo, las Unidades Haugh evidenciaron el mismo comportamiento en la semana 3 y 8 del experimento.

El color de la yema no se vio afectado por el tratamiento a las tres semanas de experimentación ($P > 0.05$), pero en la octava AS+Esp mostró el valor mas bajo siendo diferente a todos los demás tratamientos, incluido el testigo ($P < 0.05$).

El grosor del cascarón no se vio afectado por la inclusión del aceite de sardina y las algas marinas ($P > 0.05$) en ninguno de los dos periodos evaluados. En cuanto al peso del cascarón, no se detectaron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$) a la tercera semana de experimentación, sin embargo en la octava semana los tratamientos que incluían algas cafés (AS+Mp y AS+Ss) mostraron un valor mas bajo con respecto al grupo testigo ($P < 0.05$).

Cuadro 18. Calidad física del huevo de gallina cuya ración incluyó aceite de sardina y algas marinas

Variable	Testigo		As + Mp		AS + Ss		AS + Espp	
	3 semana	8 semana	3 semana	8 semana	3 semana	8 semana	3 semana	8 semana
Índice de Forma	76.28± 1.67 ^{ba}	77.02± 1.53 ^{ba}	74.71± 2.34 ^b	76.14± 2.86 ^{ba}	77.09± 1.42 ^{ba}	76.998± 2.24 ^{ba}	77.17± 2.67 ^{ba}	77.45± 3.06 ^a
Peso del huevo (g)	58.46± 2.65 ^{ab}	61.91± 3.63 ^a	58.22± 2.80 ^b	59.83± 2.80 ^{ba}	58.11± 3.77 ^b	61.64± 4.53 ^{ba}	59.19± 3.35 ^{ba}	60.96± 3.02 ^{ba}
Color	11.67± 0.72 ^{ba}	10.20± 0.56 ^{dc}	11.80 ± 0.77 ^a	10.87 ± 0.64 ^{bc}	12.20 ± 0.68 ^a	9.47 ± 0.99 ^d	11.80 ± 0.56 ^a	8.33 ± 0.98 ^e
Altura de albúmina (mm)	7.23± 0.799 ^{bc}	6.63± 1.02 ^{dc}	7.70± 0.93 ^{bac}	7.53± 0.75 ^{bac}	8.39± 1.16 ^a	6.65± 0.90 ^{dc}	7.85± 0.72 ^{ba}	5.81±1.49 ^d
Unidades Haugh	85.06± 5.49 ^{ba}	79.93± 6.95 ^{bc}	87.85± 5.37 ^a	86.55± 4.53 ^{ba}	91.62± 5.73 ^a	80.28± 5.98 ^{bc}	88.63± 3.76 ^{ba}	72.53±16.50 ^c
Grosor cascarón (micras)	329±23 ^a	323± 28 ^{ba}	315± 28 ^{ba}	299± 33 ^b	308±27 ^{ba}	314± 25 ^{ba}	321±16 ^{ba}	318±27 ^{ba}
Peso de cascarón (g)	5.30± 0.50 ^{ba}	5.53± 0.45 ^a	4.96± 0.51 ^b	5.00± 0.53 ^b	4.99± 0.58 ^b	5.23± 0.46 ^{ba}	5.29± 0.28 ^{ba}	5.34± 0.42 ^{ba}

Se presenta Media ± Desviación estándar de 5 repeticiones

a, b, c, d, e. En cada renglón literales distintas indican diferencia (P< 0.05)

T= testigo. AS= aceite de sardina Mp= *M.pyrifera* Ss= *S.sinicola* Espp= *Enteromorpha spp.*

La obtención de un huevo de excelente calidad es uno de los objetivos conjuntos que se pretende conservar, al modificar la composición química de la yema.

En todos aquellos casos donde los huevos presentaron un **cascarón** sucio, fue más por las heces y no por la presencia de sangre. La limpieza del huevo se vió afectada principalmente por el tipo de alimentación, ya que esta provoca cambios en el metabolismo de las aves y por lo tanto también en sus heces, como sucedió en este caso. En aquellas gallinas que consumieron dietas con algas marinas, las heces eran semi-líquidas, esto se debió a que las algas contienen un mayor porcentaje de sodio, lo que a menudo provoca un mayor consumo de agua.

Esto coincide con lo observado por otros autores que han empleado algas marinas en la ración de aves (Rojkind, 1977).

Asimismo es importante recordar que es preferible que la superficie del cascarón sea lisa y no rugosa ya que el huevo se quiebra con facilidad. Esta alteración puede deberse a una deposición extra de calcio.

Por otra parte, el hecho de que el **Índice de Forma** no se viera afectado por el tiempo ni por tratamiento, confirma el hecho de que, este aspecto depende en gran medida de factores genéticos. En este estudio, casi todos los tratamientos presentaron valores superiores a 75 (excepto AS+Mp en la 3ª semana, aunque estadísticamente no fue diferente). Para efectos comerciales, el índice óptimo se encuentra entre los valores de 73 y 75, un índice menor a 72 indica que se trata de un huevo demasiado largo y un índice superior señala a uno demasiado redondo (Buxadé, 1987). Este aspecto es de gran importancia económica y comercial, ya que un huevo muy alargado o excesivamente ancho no es aceptado de buen agrado en el mercado por ser más susceptible a las roturas (Quintana, 1999).

En lo que respecta al **peso promedio del huevo**, resulta interesante observar que este aspecto de calidad no se vio afectado por la inclusión de aceite de pescado y algas marinas en la dieta de las aves, cuando se evaluó en forma

individual. Algunos estudios en los cuales se ha empleado aceite de pescado y otros ingredientes para enriquecer el huevo con AGw3 (Marshall and Van Elswyk, 1994; Herber and Van Elswyk, 1996; Castillo et al. 2004; Castillo et al. 2005) reportan una reducción en el peso del huevo. Van Elswyk (1997) sugiere que al decrecer la circulación de triglicéridos por acción de los omega 3, se limita la disponibilidad de lípidos para la formación de la yema. Por otra parte González-Esquerri y Leeson (2000) sugieren que estos efectos pudieran afectar al estradiol circulante. Es posible que en este caso algunos componentes de las algas marinas (esteroles) hayan contribuido a reducir estos efectos (Ragan, 1981). Sin embargo, sería recomendable aumentar el tamaño de muestra a fin de corroborar estos resultados, ya que cuando se evaluó el peso del huevo en toda la parvada el tratamiento AS+Mp mostró valores menores al testigo. De acuerdo a la Norma Mexicana (NMX-FF-079-SCFI-2004)(NMX, 2004), el huevo de todos los tratamientos, obtenido a las 8 semanas de experimentación sería considerado de tamaño grande (Cuadro 19) y de acuerdo a la clasificación del Mercado Común Europeo pertenecerían a la categoría 3. Con respecto a la clasificación establecida por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Americanos, el huevo del grupo testigo, obtenido a las 8 semanas sería clasificado como extra grande, mientras que los del grupo experimental como grandes (Cuadro 20).

Cuadro 19. Clasificación del huevo en México

Categoría	Peso (g)	Altura de albúmina (mm)	Unidades Haugh
Extra Grande	> 64	> 5.5	> 70
Grande	> 60 hasta 64	> 4.2	61 a 70
Mediano	> 55 hasta 60	> 2.2	31 a 60
Chico	> de 50 hasta 55	Fuera de clasificación	Fuera de clasificación
Canica	< ó = a 50	Fuera de clasificación	Fuera de clasificación

Fuente: NMX, 2004.

Cuadro 20. Clasificación del huevo por su peso (g)

Categoría	Mercado Común	USDA
	Europeo (g)	Peso mínimo (g)
1	> 70	(Jumbo) 68.6
2	66 a 69	(Extra gde) 61.5
3	60 a 65	(Grande) 54.4
4	56 a 59	(Mediano) 47.3
5	50 a 55	(Pequeño) 40.3
6	46 a 49	-
7	Hasta 45	-

Fuente: Quintana, 1999; Zeidler, 2002.

La reducción en el **color de la yema**, observada en todos los tratamientos de la semana 8 (8 - 11 del abanico Roche) con respecto a la semana 3 (11 y 12 del abanico Roche) pudiera deberse entre otros factores a (Coon, 2002): tipo y

calidad de xantofilas presentes en la dieta, el stress (reduce el transporte de xantofilas al ovario), la oxidación de las xantofilas, una baja absorción de las xantofilas (algún ingrediente de la ración tal vez redujo esta capacidad) o una cantidad insuficiente de xantofilas en la ración que no fue acorde al incremento en la producción de huevo de las aves empleadas en el estudio. Ahora bien, el hecho de que la reducción en el color fuese aun mas significativa en los tratamientos que incluían *S. sinicola* y *Enteromorpha* spp, pudiera ser consecuencia de la cantidad y tipo de xantofilas presentes en las mismas algas. Por ejemplo, en las algas verdes las mas comunes son: luteína, neoxantina, violaxantina, zeaxantina, anteraxantina y criptoxantina; mientras que en las cafées son la violaxantina, flavoxantina, fucoxantina, zeaxantina, neoxantina, fucoxantanol y ocasionalmente la luteína (Ragan, 1981). También es posible que los pigmentos presentes en el alga verde *Enteromorpha* spp. sean más susceptibles a la descomposición por la luz del sol, a las condiciones de secado y almacenamiento lo que ocasionó que se haya acelerado el proceso. Tal como lo menciona Rojkind (1977) la aplicación de una mayor concentración de antioxidantes a las harinas algales, sería una manera de proteger a los pigmentos presentes en ellas de la degradación oxidativa, para darles estabilidad y hacerlas disponibles a fin de poder obtener en la yema un color agradable al consumidor, ya que un gran numero de ellos prefieren yemas con un color amarillo intenso, aunque otros prefieren el color amarillo-naranja, pero en ambos casos asocian este atributo con una buena calidad del producto (UNA,1999).

El hecho de que la **altura de la albúmina** se haya visto reducida por el factor tiempo en todos los tratamientos AS +Ss y AS +Espg pudiera explicarse por el hecho de que conforme pasa la edad de la gallina, disminuye la altura de la albúmina; asimismo las temperaturas elevadas durante el almacenaje también la reducen (Quintana 1999). La altura de la albúmina está dada por la viscosidad de la misma, y esta a su vez esta dada por la asociación de la ovomucina (proteína de la albúmina) con la lisozima o con algunos oligosacáridos cuya estructura

química es similar a la de otros agentes gelificantes, como los alginatos (sales de ácido algínico) empleados comúnmente en la industria alimentaria como espesantes (Kato, 1978; Percival y McDowell, 1990; Mateos, 1991). La pérdida de la viscosidad se debe a un cambio en el pH interno del huevo. Durante el almacenamiento se libera dióxido de carbono que provoca un aumento gradual del pH (7.3 – 9) originando la ruptura del complejo ovomucina-lisozima.

Las **Unidades Haugh** son una manera de expresar la frescura del producto tomando en consideración la altura de la albúmina y el peso del huevo. El hecho de que a las tres semanas de experimentación se hayan obtenido los valores más altos en cuanto a la altura de albúmina y Unidades Haugh con AS+Ss coincide con lo observado por Rodríguez (1995); a las cinco semanas de experimentación al utilizar 6% y 9% de *Sargassum sinicola*. Y pudiera deberse a:

1) La presencia de polisacáridos sulfatados como el fucoidan o fucano, característicos de las algas pardas, que tienen una actividad anticoagulante semejante a la de la heparina. Las algas verdes también poseen esta misma actividad, gracias a los polisacáridos sulfatados y un proteoglicano, pero no es de la misma calidad (Freile, 2001).

2) La presencia de polisacáridos complejos propios de las algas caféas como el ácido algínico, principal componente estructural que les da flexibilidad a las algas y les permite adaptarse a la variedad de movimientos de las aguas en las que crecen. Estos ficocoloides tienen la propiedad de aumentar la viscosidad cuando se dispersan en el agua, y en ciertas condiciones llegan a formar geles. Todas las algas pardas contienen alginatos, pero hay grandes diferencias en la cantidad y calidad del alginato presente. La calidad del alginato se basa en la viscosidad que produce, cuanto mayor es la viscosidad, mayor es la calidad. Las algas pardas que crecen en aguas frías (ejemplo *M. pyrifera*) suelen producir un alginato de buena calidad, mientras que las que crecen en aguas templadas y tropicales (ejemplo *Sargassum*) producen a menudo un alginato de poca viscosidad (McHughe, 2002).

Los alginatos en el alga están presentes en forma de gel, proporcionando la mayor parte de la fuerza de la planta. Esto puede explicar el incremento observado en las Unidades Haugh a las tres semanas, en los tratamientos en que se utilizaron algas cafés, y particularmente con *M. pyrifera* a las ocho semanas.

3) El alto contenido de cenizas provocó la presencia de heces líquidas en las aves y por tanto, no permitió el aprovechamiento de los alginatos y evitando con ello que tal efecto se hiciera patente también a las 8 semanas (Rojkind 1977).

En general, el huevo de todos los tratamientos obtenido a las tres y ocho semanas (excepto AS+ Esp) de experimentación, puede ser clasificado como huevo AA de acuerdo a la FDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) por tener un valor superior a las 79 UH y como huevo extra grande según la Norma Mexicana (NMX, 2004).

Al parecer la incorporación de aceite de pescado en la ración no influye sobre la altura de la albúmina y las unidades Haugh, lo que coincide con lo observado por Castillo et al. (2005) cuando utilizaron hasta 2% de aceite de atún y con lo señalado por Castillo et al. (2001) al incluir hasta 3% de aceite de sardina. Así mismo Bean y Lesson (2003) tampoco vieron afectadas estas variables cuando usaron aceite de linaza como fuente de omega 3.

La reducción en el **grosor del cascarón** observada a las ocho semanas de experimentación en todos los tratamientos, pudiera deberse a un adelgazamiento del mismo ya que conforme aumenta la edad de la gallina decrece esta variable (Zeidler 2002). Al parecer el hecho de que las algas poseen un alto contenido de minerales no incrementó en este caso el grosor de cascarón. En este caso se encontró que el grosor de todos los cascarones están dentro del intervalo común (0.28- 0.43 mm). Así mismo el empleo del aceite de pescado no afectó esta variable lo que concuerda con lo observado por Castillo et al. (2005). Por lo tanto se puede decir que la inclusión de 10% de algas marinas y 2% aceite de sardina no afectan este parámetro.

En cuanto al **peso del cascarón** sólo se observó una reducción en el tratamiento que incluía al alga *M. pyrifera* con respecto al grupo control, es posible que estas diferencias en el peso sean consecuencia de la forma en que se realizó esta medición, tal vez permanecieron en el cascarón residuos de albúmina al momento de pesarlo. Otros autores (Rojkind, 1977; Rodríguez,1995) que han empleado hasta 10 % de algas marinas en la ración no han detectado efecto alguno sobre el peso del cascarón. Sin embargo Hand (citado por Rojkind 1977) observó pesos más bajos cuando utilizó 15% de las algas cafés *Laminaria cloustoni* y *Ascophyllum nodosum*. Así mismo trabajos realizados con el uso de aceites de pescado, no reportan cambio alguno en el peso del cascarón (Castillo et al. 2001).

7.6 Composición lípidica del huevo

Tal como se observa en el Cuadro 21 el contenido de lípidos totales solo se vio afectado por la inclusión, en forma combinada, del aceite de sardina y las algas marinas, en el tratamiento que incluía el alga café *M. pyrifera* ($P < 0.05$), presentando este un valor ligeramente superior a los demás grupos.

En el caso del colesterol, los datos muestran que la concentración de esta fracción solo se vio afectada en el tratamiento AS+Esp. Al parecer la inclusión del alga verde *Enteromorpha* spp. resultó ser la mas efectiva para reducir la concentración de colesterol en el huevo ($P < 0.05$). Los demás tratamientos no mostraron diferencia significativa con respecto al testigo ni entre ellos ($P > 0.05$).

Cuadro 21. Contenido de lípidos totales y colesterol en el huevo de gallinas cuya ración incluye aceite de sardina y algas marinas

	Testigo	AS+Mp	AS+Ss	AS+Esp
Lípidos totales (g/100g)	10.56 ± 0.29 ^b	11.52 ± 0.24 ^a	10.29 ± 0.19 ^b	10.32±0.35 ^b
Colesterol (mg/ 100g)	381.54±15.14 ^a	398.47±14.65 ^a	384.70± 7.71 ^a	361.56±10.16 ^b

Se presenta media y desviación estándar

a, b. En cada renglón literales distintas indican diferencia ($P < 0.05$)

T= testigo. AS= aceite de sardina Mp= *M.pyrifera* Ss= *S.sinicola* Esp= *Enteromorpha* spp.

Respecto al incremento observado en el contenido de **lípidos totales** en el tratamiento AS+Mp, no hay una explicación muy clara de por qué se presentó este efecto, sin embargo pudiera estar relacionado con la mayor presencia de colesterol en este mismo tratamiento. Además en esta fracción, se están considerando los lípidos en general y no se distingue si el valor es debido a uno u otro componente químico. Casi la totalidad de los lípidos del huevo se encuentran en la yema en forma de lipoproteínas (asociados con vitelina y vitelenina). La yema contiene un 63% de lípidos en materia seca, de estos casi un 30% son fosfolípidos, 63% son triglicéridos, 4.9% esta en forma de colesterol libre, 1.3% es colesterol esterificado y 1% esta conformado por vitaminas y pigmentos (Grobas y Mateos, 1996). También es importante señalar que la diferencia entre los valores del grupo AS+Mp y el testigo es muy pequeña.

Por otra parte, se esperaba que la incorporación de algas marinas y aceite de pescado disminuyeran la concentración de **colesterol** en el huevo como consecuencia de las propiedades hipocolesterolemicas que se les han atribuido.

En general se reconoce que un gran número de especies de algas marinas como *Enteromorpha compressa*, *Ulva pertusa*, *Sargassum muticum*, *Fucus gardneri*, *Chondrus* y *Porphyra* contienen esteroides (ergosterol, chondrosterol, fucosterol, sitosterol, campesterol) con actividad hipocolesterolemica. Algunos polisacáridos algales (alginato de sodio, fucoidan celulosa, ramnosa, xilosa y ac. Glucurónico), poseen también esta propiedad, debido a que son polisacáridos acidificados que actúan como fibra dietaria (Jiménez-Escrig y Goñi, 1999; Freile, 2001). En este estudio sólo se observó este efecto en el tratamiento AS+Esp, obteniendo una reducción del 5% con respecto al grupo testigo. Es posible que en este ensayo la mayor presencia de sales y de fibra dietaria en los tratamientos hayan ocasionado heces más líquidas, lo que de alguna manera no permitió una utilización eficiente de los compuestos hipocolesterolemicos de las algas. Ya que otros autores como Rodríguez (1995) han observado reducciones de 33% y 11%

en la concentración de colesterol en huevo al emplear 6 y 9% de *Sargassum sinicola*. Ramos et al. (1998) obtuvieron reducciones del orden del 13% con 9% de *M. pyrifera*+*Ulva lactuca* y de 8% cuando empleó 9% de *M. pyrifera*. Abe y Kaneda (1972) observaron en ratas un efecto hipocolesterolémico al incluir en las dietas *Enteromorpha*.

Los mecanismos a través de los cuales las algas marinas pueden reducir el colesterol aun no están muy claros, pero se han propuesto los siguientes (Reiner et al. 1962; Weiss et al 1967; Clarenburg et al. 1971; Ramos et al. 1998; Jiménez – Escrig y Goñi, 1999; Nishide y Uchida, 2003):

- a) Prevención de síntesis endógena de colesterol(ejemplo vitamina A)
- b) Interferencia con el colesterol removido de tejidos.
- c) Interferencia con la presencia de la coenzima A.
- d) Interferencia con las condiciones que promueven la deposición de colesterol.
- e) Inhibiendo la absorción de colesterol a nivel del lumen intestinal.
- f) Variación en la estereoquímica de la cadena lateral .
- g) Se cree que el beta sitosterol forma una mezcla de cristales complejos que confiere una baja solubilidad.
- h) Por competencia de los esteroides con el colesterol.
- i) La presencia de polisacáridos complejos promueven la excreción de colesterol y de ácidos biliares en las heces lo que evita que se forme o se sintetice de novo colesterol
- j) Los carbohidratos o polisacáridos de las algas forman coloides de tipo iónico, que reaccionan con el colesterol y así, al no ser asimilados por el organismo de las gallinas son desechados junto con el colesterol en las heces fecales.

Por otra parte se esperaba una reducción en la concentración de colesterol por acción de los Agw3 presentes en el aceite de pescado, sin embargo tampoco

se obtuvo este efecto. Algunos de los mecanismos que se han propuesto para explicar por qué los AG ω 3 reducen el colesterol son (Welch y Borlak, 2000):

- a) Reducen la absorción del colesterol.
- b) Redistribución del colesterol a los tejidos.
- c) Incrementan la excreción de colesterol y ácidos biliares.
- d) Reducen la síntesis de colesterol.
- e) Favorecen la actividad de la lecitina-colesterol-aciltransferasa (CLAT), enzima responsable de catalizar la reacción entre la lecitina y el colesterol para dar liso lecitina y colesteril ester

Han sido numerosos los intentos que se han realizado para reducir la concentración de colesterol en el huevo a fin de estimular el consumo de huevo, sin embargo, tal como lo señala Noble(1999) no es tarea fácil lograrlo, ya que a diferencia de los ácidos grasos, el colesterol ha probado ser extremadamente resistente a cualquier cambio, por eso los resultados obtenidos hasta ahora han sido poco exitosos.

Desde un punto de vista práctico es necesario reducir el nivel de colesterol en el huevo del 30 al 50 % para que tenga una oportunidad comercial sólida (Grobas y Mateos, 1996).

En cuanto a los **ácidos grasos**, es importante señalar que no fue detectada la presencia de los siguientes ácidos en la yema de huevo: Butírico(C4:0), Caprónico(C6:0), Caprílico(C8:0), Cáprico(C10:0), Undecanónico(C11:0), Laurico(C12:0), Tridecanónico(C13:0), Elaidico(C18:1), Heneicosanónico, cis-13,16 docosadienónico (C22:2) y Miristoléico (C14:1). Ahora bien, en cuanto a los que si fueron detectados se puede decir que la concentración se vio modificada notablemente con la inclusión del aceite de sardina y las algas marinas con respecto al testigo.

Los resultados obtenidos en este estudio comprueban que de los constituyentes del huevo, los **ácidos grasos** son más fáciles de modificar a través de la cantidad

Resultados

y tipo de grasa que se incorpore a la dieta de las aves, que el colesterol.

Respecto a los **ácidos grasos saturados** (AGS) (Cuadro 22) se observa que la concentración del **Mirístico** presentó diferencia significativa ($P < 0.05$) con el tratamiento testigo, siendo mayor en los tratamientos que incluyeron algas marinas y aceite de sardina, particularmente el tratamiento AS + Mp presentó la mayor concentración, seguido por el tratamiento AS + Ss y por último el AS + Esp.

Cuadro 22. Concentración de ácidos grasos saturados en el huevo de gallinas cuya ración incluye aceite de sardina y algas marinas

Ácido Graso (mg/100g de muestra)	Testigo	AS +Mp	AS +Ss	AS +Esp
Mirístico				
Tetradecanóico (C14:0)	11.53±0.42 ^d	27.28±0.49 ^a	24.09±0.83 ^b	22.34±0.75 ^c
Pentadecanóico (C15:0)	1.97±0.09 ^c	4.93±0.11 ^a	4.62±0.19 ^b	4.55±0.19 ^b
Palmítico				
Hexadecanóico (C16:0)	1005.51±33.23 ^a	905.25±17.63 ^b	904.0±41.9 ^b	896.31±25.97 ^b
Heptadecanóico (C17:0)	8.60±0.29 ^c	16.23±0.29 ^a	15.61±0.78 ^a	13.72±0.35 ^b
Estearico				
Octadecanóico (C18:0)	379.05±14.52 ^a	297.7±6.44 ^b	292.94±14.83 ^b	294.63±8.34 ^b
Araquídico				
Eicosanóico (C20:0)	1.7±0.14 ^b	1.17±0.14 ^c	2.40±0.16 ^a	2.63±0.12 ^a
Behenico				
Docosanóico (C22:0)	0.00±0.00 ^d	1.02±0.28 ^b	1.30±0.08 ^a	0.73±0.04 ^c
Lignocérico				
Tetracosanóico (C24:0)	9.87±0.34 ^a	1.53±0.09 ^b	1.34±0.07 ^b	1.25±0.050 ^b

Se presenta media y desviación estándar

a,b,c,d,e. En cada renglón literales distintas indican diferencia ($P < 0.05$)

T= testigo AS= aceite de sardina Mp= *M.pyrifera* Ss= *S.sinicola* Esp= *Enteromorpha spp.*

El **Pentadecanóico** mostró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el tratamiento testigo y los tratamientos que incluyeron AS + AM, presentando estos últimos, valores superiores. El tratamiento AS + Mp presentó las mayores concentraciones, los otros dos tratamientos no presentaron diferencia significativa entre ellos ($P > 0.05$). En cuanto al **palmítico** el tratamiento testigo presentó el valor mas alto ($P < 0.05$), no existiendo diferencia entre los tratamientos que incluyeron AS + AM ($P > 0.05$). El **heptadecanóico** evidenció diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el testigo y los tratamientos que incluyeron AS + AM, siendo estos últimos los que presentaron los valores más altos, destacando por su contenido los tratamientos que incluyeron a las algas cafés *M.pyrifera* y *S.sinicola*, no existiendo diferencia entre ellos dos ($P > 0.05$). El **esteárico** se presentó en mayores cantidades en el grupo testigo ($P < 0.05$), los demás tratamientos no mostraron diferencia entre ellos ($P > 0.05$). El **araquídico** mostró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el tratamiento testigo y el resto de los tratamientos, obteniendo las concentraciones más altas los tratamientos AS + Ss y AS + Esp, seguidos por el tratamiento testigo y por ultimo el tratamiento AS + Mp. En cuanto al **behénico** el tratamiento que presentó el mayor contenido fue el AS+Ss, seguido por AS+Mp, después AS+Esp y por último el tratamiento testigo, en el cual no se detectó este ácido. Por último, el **lignocérico** mostró las mayores concentraciones en el grupo testigo ($P < 0.05$), mientras que los otros tratamientos no presentaron diferencias entre ellos ($P > 0.05$).

Algunos autores (Summers et al. 1966; Noble, 1999) sostienen que los cambios que se pueden obtener en la composición de los **ácidos grasos saturados** (AGS) son mínimos, en comparación con los que se pueden obtener en los ácidos grasos monoinsaturados (AGM) y los poliinsaturados (AGPI). Otros autores como Simopoulus (2000), Pappas et al. (2005), Grobas y Mateos (1996), refieren un incremento en todos los ácidos grasos saturados, cuando han incorporado aceite o harina de pescado en las raciones de las aves. En nuestro caso se observó en los tratamientos que incluían aceite de sardina+algas marinas

(AS+AM), incrementos superiores al 100% en los ácidos mirístico, pentadecanoico y behénico, superiores al 50% el heptadecanoico, y más del 40% el araquídico, (excepto en AS+Mp); en comparación con el grupo testigo; pero también se presentó una reducción en la concentración del ácido Lignocérico de 88%, en el Estearico de 22% y en el Palmítico de aproximadamente 11%. Las diferencias observadas pueden ser debidas a los otros ingredientes que conformaban la dieta.

Aun cuando en algunos de los ácidos grasos saturados hubo un incremento, no es un asunto que deba preocupar, ya que de cualquier manera las concentraciones obtenidas están muy por debajo de las concentraciones presentes en los alimentos considerados con niveles altos de grasas saturadas, como el cebo de res o la manteca de cerdo, o el aceite de palma (Huang y Liu, 1999). Además es importante señalar que la presencia de grasas saturadas en cantidades moderadas es importante para la transferencia de pigmentos del alimento a la yema (Buxadé, 1987), y para mantener el balance con los ácidos grasos insaturados. Una relación de 3:1(insaturados: saturados) se considera ideal para una buena digestibilidad de las grasas en aves de todas las edades (Lesson y Summers, 1997).

En cuanto a los ácidos grasos monoinsaturados (AGM), los resultados indican que el **Cis-10-Pentadecanóico** se presentó en cantidades superiores en los tratamientos que incluyeron AS +AM ($P<0.05$), en comparación con el grupo testigo (Cuadro 23). El mismo comportamiento se observó con el **ácido palmitoleico**, obteniendo los valores mas altos el tratamiento AS +Mp ($P<0.05$), seguido por AS+Ss y AS+Esp que no presentan diferencia significativa entre ellos. En el caso del **Cis-10-heptadecanóico**, los tratamientos que incluyeron a las algas cafés *M.pyrifera* y *S.sinicola* mostraron las mayores concentraciones ($P<0.05$), no existiendo diferencia entre ellos, pero si con respecto al tratamiento AS +Esp y el testigo. El **ácido oleico** evidenció diferencias significativas ($P<0.05$) entre tratamientos, siendo el testigo el que presentó el mayor contenido,

seguido por el tratamiento AS +Ss y después los otros dos tratamientos, que no presentan diferencia significativa entre si mismos ($P>0.05$). En lo que respecta al **Cis-11-eicosenoico** las diferencias entre el testigo y los otros tratamientos resultaron ser significativas ($P<0.05$), presentando el testigo el valor más alto, seguido por el tratamiento AS +Mp, luego por AS +Ss y por último el AS +Esp. En el caso del **erucico** el tratamiento AS +Mp mostró el mayor contenido, siguiéndole el tratamiento AS +Ss y en seguida el AS +Esp ($P<0.05$); en el grupo testigo no se detectó la presencia de este ácido. En cuanto al ácido **nervónico**, la concentración se elevó sustancialmente en los tratamientos que incluyeron AS + AM, en comparación con el testigo ($P<0.05$), mostrando AS +Mp la mayor concentración.

Cuadro 23. Concentración de ácidos grasos monoinsaturados en el huevo de gallinas cuya ración incluyó aceite de sardina y algas marinas

Ácido graso (mg/100g de muestra)	Testigo	AS +Mp	AS +Ss	AS +Esp
Cis10 Pentadecanoico (C15:1)	3.13±0.11 ^b	2.68 ± 0.19 ^a	2.55±0.14 ^a	2.59±0.06 ^a
Palmitoléico 9-hexadecenoico (C16:1)	82.20±2.36 ^c	132.71±1.31 ^a	120.69±5.29 ^b	12369±3.66 ^b
Cis10 heptadecenoico (C17:1)	5.23±0.6 ^c	9.10±0.08 ^a	9.09±0.41 ^a	8.35±0.29 ^b
Oleico 9-octadecenoico (C18:1 w9)	1697.98±5.93 ^a	1270.53±13.73 ^c	1336.96±69.88 ^b	1336.96±35.76 ^{bc}
Cis-11-eicosenoico (C20:1)	9.44±0.45 ^a	8.55±0.14 ^b	8.31±.71 ^{bc}	7.68±0.21 ^c
Erucico 13-docosaenoico (C22:1)	0.00±0.00 ^d	0.99±0.05 ^a	0.90±0.05 ^b	0.79±0.30 ^c
Nervónico 15-tetracosanoico (C24:1)	4.29±0.15 ^d	24.33±0.53 ^a	22.64±1.20 ^b	19.38±0.65 ^c

Se presenta Media ± Desviación estándar de 5 repeticiones

a, b, c, d, e. En cada renglón literales distintas indican diferencia ($P<0.05$)

T= testigo. AS= aceite de sardina Mp= *M.pyrifera* Ss= *S.sinicola* Esp= *Enteromorpha spp.*

Los **ácidos grasos monoinsaturados** (AGM) en general mostraron incrementos en todos los tratamientos que incluían AS+AM. El Cis-10-pentadecanoico aumentó en un 20%, el Palmitoleico un 46%,

el cis-10- heptadecenóico en un 59%, el Erucico en un 100%, y el Nervónico 337%. Sólo dos de estos AGM disminuyeron, el oleico en un 25% y el Cis-11-eicosenoico 18%. Estos resultados coinciden con los reportados por Simopuolus (2000), Grobas y Mateos (1996), en el sentido de que al utilizar aceites o harinas de pescado se observa este comportamiento. Así mismo Grobas et al. (2001) observaron una reducción en la concentración del ácido oleico y del Cis-11-eicosenoico en dietas que incluían aceite de linaza como fuente de omega 3. por lo tanto las variaciones que se observan dependen en gran medida del tipo de grasa que adicione a la dieta. Por ejemplo el aceite de oliva incrementa especialmente el contenido de ácido oleico, el aceite de soya el ácido linoleico, mientras que el aceite de linaza el ácido α -linolenico; los aceites de pescado incrementan en forma notable las concentraciones de EPA y DHA.

La situación observada en el caso de los poliinsaturados (AGPI) fue muy significativa. Los **ácidos linoléico, gama-linoléico, alfa-linoléico, eicosatrienoicos y el araquidónico** se presentaron en mayor concentración en el grupo testigo ($P < 0.05$) con respecto a los otros tratamientos que incluían aceite de pescado y algas marinas (Cuadro 24). Por lo contrario, la concentración de los **ácidos linolelaidico, Cis-11,14-eicosadienoico, tricosanoico, eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA)** en el huevo, fue significativamente más alta ($P < 0.05$) en los tratamientos que contenían AS + AM, particularmente los que incluyen a las algas cafés *M.pyrifera* y *S.sinicola*.

Cuadro 24. Concentración de ácidos grasos poliinsaturados en el huevo de gallinas cuya ración incluyó aceite de sardina y algas marinas

ACIDO GRASO (mg/100g de muestra)	Testigo	AS + Mp	AS + Ss	AS+ Esp
Linolelaídico (C18:2)	2.15±0.09 ^c	3.52±0.12 ^a	3.28±0.17 ^b	3.08±0.12 ^b
Linoléico (LA) 9,12-octadecadienoico (C18:2 W6)	816.44±26.11 ^a	370.67±6.51 ^c	409.5±20.07 ^b	410.24±12.13 ^b
Cis-11,14-eicosadienoico (C20:2)	0.61± 0.15 ^b	1.58±0.14 ^a	1.68±0.14 ^a	1.67±0.13 ^a
Gama -linoléico 6,9,12-octadecatrienoico (C18:3)	7.25±0.21 ^a	2.61±0.02 ^c	2.80±0.14 ^c	3.34±0.03 ^b
Alfa-linoléico (ALA) 9,12,15-octadecatrienoico (C18:3 W3)	48.65±1.51 ^a	27.46±1.09 ^b	27.60±1.44 ^b	26.13±0.72 ^b
Cis-11,14,17-eicosatrienoico (C20:3)	8.95±0.23 ^a	2.83±0.24 ^c	3.29±0.11 ^b	3.58±0.15 ^b
Cis-8,11,14-eicosatrienoico (C20:3)	11.14±0.37 ^a	4.22±0.08 ^c	4.86±0.47 ^b	5.19±0.16 ^b
Tricosanoico (C24:3)	0.77±0.16 ^c	1.18±0.03 ^a	1.07±0.04 ^{ab}	1.02±0.03 ^b
Araquidónico (AA) 5,8,11,14-eicosatetraenoico (C20:4 W6)	131.0±4.10 ^a	31.15±0.52 ^c	31.79±1.76 ^{bc}	35.7±1.02 ^b
EPA(ácido eicosapentaenoico) (C20:5 W3).	1.67±0.19^d	53.74±0.62^a	50.68±2.75^b	39.947±1.16^c
DHA(ácido docosahexaenoico) (C22:6 W3)	95.0±3.99^c	339.54±7.23^a	315.46±16.66^b	305.55±8.90^b

Se presenta Media ± Desviación estándar de 5 repeticiones

a, b, c, d, e. En cada renglón literales distintas indican diferencia (P< 0.05)

T= testigo. AS= aceite de sardina Mp= *M.pyrifera* Ss= *S.sinicola* Esp= *Enteromorpha spp.*

En el caso de los **ácidos grasos poliinsaturados**(AGPI), la concentración de EPA en el huevo de los tratamientos que incluían AS +AM se incrementó aproximadamente 250 veces más con relación al grupo testigo; mientras que el DHA experimento incrementos de más del 200%. Otros AGPI que aumentaron pero en menor proporción fueron el linolelaídico (aproximadamente 43%), el cis-11,14-eicosadienoico (64%) y el tricosanoico (>30%). Por otra parte se observaron

reducciones en el ácido linoleico (>al 50%), el gama-linolenico (>>64%), el alfa-linolenico (>46%), el cis-11,14,17-eicosatrienoico (>68%), el cis-8,11,14-eicosatrienoico (>62%) y el araquidonico (>76%). Este comportamiento concuerda con lo reportado por Grobas y Mateos (1996), Castillo et al. (2005) y Gonzalez-Ezquerria y Lesson (2001). Es pertinente señalar que otros autores como Van Elswyk et al. (1992) y Castillo et al. (2001) observaron un incremento del ácido alfa-linolenico cuando utilizaron 3% de aceite de pescado.

Estos resultados son de gran interés ya que uno de los objetivos de este trabajo era obtener huevos con una alta concentración de EPA y DHA, ya que estos dos ácidos grasos son más eficientes que el alfa-linolenico en proveer beneficios a la salud. Las concentraciones en particular del tratamiento AS+Mp mostró las mayores concentraciones de EPA y DHA, mientras que en AS+Esp fueron menores. La inclusión en la dieta de AGPI de cadena muy larga (C20 y C22) también se ve reflejada en un incremento de los mismos en la yema del huevo, tal como sucede al incorporar aceites de pescado a la dieta. Estos AG aumentan si la dieta es rica en alguno de sus precursores. Así niveles elevados de ácidos linoleico van acompañados de ácido araquidónico. La ingestión de ácido α -linolénico incrementa los niveles de EPA y DHA, aunque este proceso de elongación es muy lento en el humano. Las familias n-3 y n-6 usan el mismo sistema enzimático en sus procesos de elongación y desaturación, por lo tanto un exceso de linoléico en la dieta secuestra parte de las enzimas para dar lugar al ácido araquidónico, limitando la conversión del alfa-linoléico a EPA y DHA. Por el contrario, concentraciones de alfa-linoléico actúan incrementando los niveles de EPA y DHA en la yema y reduciendo el de araquidónico (Grobas y Mateos, 1996).

Es interesante señalar que aunque en el aceite de pescado empleado, la cantidad de EPA y DHA son similares (15 y 11% respectivamente) la proporción en la deposición de estos en el huevo no fue la misma, de hecho la concentración de DHA fue 6 veces mayor que la de EPA, estos hallazgos fueron también

observados por Huang y Liu, (1999) y Nash et al. (1996), la explicación a este comportamiento pudiera estar relacionado con el metabolismo de los AG ω 3 en las aves, aunque puede haber una conversión de DHA a EPA y viceversa, existe una preferencia por la deposición de DHA en los tejidos (González-Esquerria y Lesson 2001).

Cuadro 25. Total de ácidos grasos saturados e insaturados en el huevo de gallina cuya ración incluyó aceite de sardina y algas marinas

Acidos Grasos (mg/100g porción comestible)	Testigo	AS + Mp	AS +Ss	AS +Esp
Total de Insaturados	2925.21	2287.02	2353.12	2334.36
Poliinsaturados	1123.95	838.14	851.99	835.42
Monoinsaturados	1801.26	1148.88	1501.13	1498.95
Total de Saturados	1418.21	1255.10	1246.40	1236.16
Relación I:S	1.03:1	0.91:1	0.95:1	0.95:1
Relación P:S	0.40:1	0.33:1	0.34:1	0.34:1
Relación M:S	0.64:1	0.58:1	0.60:1	0.61:1
Total Ag ω 6	947.43	401.49	441.29	445.93
Total Ag ω 3	145.32	420.73	393.74	371.61
Relación ω 6: ω 3	3.26:1	0.48:1	0.56:1	0.60:1

I = insaturados P = poliinsaturados, M = monoinsaturados

T= testigo. AS= aceite de sardina Mp= *M.pyrifera* Ss= *S.sinicola* Esp= *Enteromorpha spp.*

Al resumir el total de ácidos grasos saturados (AGS) e insaturados (AGI) obtenidos en el huevo, se observa en el Cuadro 25, que independientemente del tratamiento, en todos los casos existió una mayor cantidad de AGI, que AGS ($P < 0.05$); manteniéndose una relación I:S de 0.95-1.03:1.

Aun cuando en el grupo testigo hubo una mayor concentración de AGPI y AGMI que en los grupos que incluían aceite de sardina y algas marinas, es en estos últimos donde se obtuvo la mayor concentración de EPA y DHA, manteniendo en el huevo una mejor relación $\omega 6:\omega 3$ ($P < 0.05$), que el grupo testigo.

La concentración total de AG $\omega 3$ obtenida en este estudio fue superior en todos los tratamientos que incluyeron AS+AM. Sin embargo se mantuvo en promedio una relación AG $\omega 6$: AG $\omega 3$ de 1 a 1. Castillo et al. (2005) obtuvo un relación de 3:1 cuando utilizaron 2% de aceite de atún, Castillo et al (2001) obtuvo hallaron una relación de 2.5:1 con 3 % de aceite de sardina, mientras que Van Elswyk et al. (1992) encontraron una proporción 3:1 al emplear 3% de aceite de Sabalo. Simopoulos (2000) sugiere que la proporción ideal es de 2:1 o de 1:1, ya que tanto los Ag $\omega 6$ como los AG $\omega 3$ están implicados en la producción de eicosanoides, prostaglandina, tromboxanos y leucotrienos por lo que mantener un balance es esencial para un buen estado de salud.

Es importante mencionar que aun cuando el huevo tiene AGS, es mayor la cantidad de AGI por lo que la relación de insaturados:saturados que se obtuvo en todos los tratamientos incluyendo el control demuestra que, aun cuando la composición en AG del huevo varia en función de la dieta, el ave posee mecanismos internos que le permiten mantener un balance entre las grasas saturadas e insaturadas.

7.7 Características organolépticas del huevo (Evaluación sensorial).

Los resultados obtenidos en las pruebas de evaluación sensorial mostraron que la inclusión de aceite de sardina +algas marinas, en los niveles considerados en este estudio, no afectaron el sabor del huevo ($P > 0.05$). En lo que respecta al color de la yema, solo el tratamiento que incluía al alga verde obtuvo la calificación mas baja ($P < 0.05$) con respecto al testigo y a los otros tratamientos que incluían algas cafés. Al parecer como resultado del color mas pálido de yema que tenían las yemas de este grupo AS +Esp. (Cuadro 26).

Cuadro 26. Características organolépticas del huevo de gallina cuya ración incluyó aceite de sardina y algas marinas

Atributo	Testigo	AS +Mp	AS +Ss	AS +Esp
Sabor	4,13 ^a	3,81 ^a	3,59 ^a	3,72 ^a
Color de la yema	4,26 ^a	4,16 ^a	3,94 ^a	2,94 ^b

Se presenta media de 32 repeticiones

a, b, En cada renglón literales distintas indican diferencia. (P< 0.05)

T= testigo. AS= aceite de sardina Mp= *M.pyrifera* Ss= *S.sinicola* Esp= *Enteromorpha spp.*

Uno de los aspectos por los que a menudo se evita el uso del aceite o harina de pescado en las dietas de las aves, es por que se llega transmitir un olor y sabor desagradables al huevo, lo que reduce la calidad sensorial del mismo. Sin embargo esto depende en gran medida del tipo, nivel de inclusión y del tiempo de almacenaje del aceite o harina de pescado. Se ha observado que en niveles del 3% o superiores provocan este efecto, en este estudio no se vio afectado el sabor del huevo. En muchas ocasiones los productos de la oxidación pueden ser responsables de este sabor desagradable, por lo que se ha sugerido que el uso de antioxidantes pudiera reducir este efecto. En nuestro estudio, la adición de antioxidante al aceite de pescado, aunado al posible efecto antioxidante de las algas marinas pudo evitar la formación de compuestos que imparten este sabor desagradable al huevo. Estos hallazgos representan un punto a favor del uso combinado de aceite de pescado más algas marinas, ya que se ha reportado que este problema ocurre también al utilizar productos de origen vegetal como el aceite de linaza. Herber y Van Elswyk (1996) no detectaron efecto alguno sobre el sabor cuando utilizaron 2.4 y 4.8 % de una microalga marina. Barclay et al. (1998) encontró una mayor estabilidad de los lípidos en los huevos de gallinas alimentadas con esta microalga marina en comparación con aquellas que fueron alimentadas con aceite de Menhaden.

En cuanto al color de la yema, la menor preferencia por el tratamiento AS+EspP seguramente está relacionado con la menor coloración que tenían las yemas en comparación con el grupo testigo y los otros tratamientos que incluían algas cafés. Tal como se explicó antes, esta disminución en el color pudo deberse al tipo de pigmentos que prevalecen en el grupo de las algas verdes y que son más susceptibles o sensibles a la descomposición por la luz.

Este atributo sólo presentó diferencia significativa en el tratamiento que incluyó *Enteromorpha* spp. con respecto al tratamiento testigo, y el resto no presentó diferencia significativa. Esta tendencia se observó también en el estudio realizado por Ramos et al. (1998), quienes obtuvieron también una yema menos pigmentada en los tratamientos que incluyeron algas marinas, al compararlo con el tratamiento testigo.

En el estudio realizado, la menor calificación obtenida en el tratamiento AS+EspP pudo deberse a que incluyó un alga verde, de hecho eran las yemas menos pigmentadas, lo cual seguramente influyó en los panelistas, ya que por lo general gran parte de los consumidores en México prefieren yemas bien pigmentadas (UNA, 1999). Tal como se comentó antes, es posible que la baja pigmentación de la yema haya sido porque los pigmentos de las algas verdes son más susceptibles a la luz y/ o a que el lugar donde se almacenaron las dietas (estaban expuestas a la luz del sol) no fue adecuado aun cuando las algas se almacenaron en costales.

IX. CONCLUSIONES

Se concluye con base en los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se realizó este estudio que:

- ❖ Al incorporar en forma combinada 2% aceite de sardina + 10% algas marinas en la dieta de gallinas ponedoras es una manera efectiva de enriquecer el huevo con AG ω 3.
- ❖ Al incorporar en forma combinada 2% aceite de sardina +10% del alga verde *Enteromorpha spp*, en la ración de gallinas ponedoras, no sólo se enriquece el huevo con AG ω 3, sino también se reduce el contenido de colesterol en el huevo en un 5%,
- ❖ Al utilizar en forma combinada 2% aceite de sardina +10% de *S sinicola* y *Enteromorpha spp* en la ración de las gallinas ponedoras evita que el peso del huevo se vea reducido, comportamiento que frecuentemente se ha observado cuando se incluye el aceite de pescado en la ración de las aves.
- ❖ Que utilizar en forma combinada 2% aceite de sardina +10% de algas marinas en la ración de las gallinas ponedoras no afecta el consumo de alimento, la producción de huevo, la conversión alimenticia ni la masa de huevo.

Conclusiones

- ❖ Al utilizar en forma combinada 2% aceite de sardina +10% de algas marinas cafés en la ración de las gallinas ponedoras incrementa la altura de la albúmina y por ende la calidad física del huevo.
- ❖ Al utilizar en forma combinada 2% aceite de sardina +10% de algas marinas cafés en la ración de las gallinas ponedoras no afecta el color de la yema, excepto en el caso del tratamiento que incluyó el alga verde *Enteromorpha* spp. donde la yema resultó ser la menos pigmentada, lo que ocasionó que en la prueba de evaluación sensorial fuese la menos aceptada.
- ❖ Para lograr un mejor efecto en la reducción del colesterol es recomendable utilizar algas marinas en niveles de inclusión menores al 10% a fin de lograr una mejor absorción y aprovechamiento de los componentes de las algas.

X. LITERATURA CITADA

- ✓ Abe S., Kaneda T. (1972) "**Effect of Edible Seaweeds on Cholesterol Metabolism in Rats**". Proc. Int. Seaweed Symp. 7:562-565.
- ✓ Aguilera M.M., Casas V.M.M., Carrillo D.S., González A.B., and Pérez-Gil R.F. (2005). "**Chemical composition and microbiology of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source**". J. Food Comp. Anal. 18:79-88.
- ✓ Ackman R.G. (2000) "**Fatty acids in Fish and Shellfish**". In: Fatty Acids in Foods and their Health Implications. Ching Kuang Chow (editor). Second edition. Marcel Dekker. USA. pp.153-174.
- ✓ Adler, A.D., Holub, B.J. (1997) "**Effects of garlic and fish-oil supplementation on serum lipid and lipoprotein concentrations in hypercholesterolemic men**". Am. J. Clin Nutr. 65:445-450.
- ✓ A.E.B.(2005) "**Guía de Referencia para los Productos de Huevo**". Folleto Editado por la American Egg Board (Consejo del Huevo Americano).13 p.
- ✓ Anzaldúa- Morales A. (1994) "**La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica**". Editorial Acribia, Zaragoza, España. pp 67-133.
- ✓ ASEPRHU (2002) "**La Calidad del Huevo Vista por el Consumidor Español**". Jornada Temática Industria Agroalimentaria. Seguridad y Calidad Alimentaria, Madrid, España. pp.1-4.
- ✓ Astasarian I. y Martínez J. (2000), "**Alimentos , composición y propiedades**". Mc Graw Hill International . Madrid, España. Pp 35-40.
- ✓ Avila C.A., Shamah L.T., Chávez V.A. (1997) "**Encuesta Nacional de Alimentos y Nutrición en el Medio Rural 1996**". Resultados por entidad, Vol. 1 Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. México D. F. pp. 93
- ✓ Baucells, M.D., Crespo N., Barroeta A.C., López -Ferrer, Grashorn M.A. (2000)"**Incorporation of different Polyunsaturated Fatty Acids into Eggs**". Poultry Sci.79:51-59.

- ✓ Bean L.D., Lesson S. (2003) **“Long-Term Effects of Feeding Flaxseed on Performance and Egg Fatty Acid Composition of Brown and White Hens”**, Poultry Sci. 82:388-394.
- ✓ Bell D.D. (2002) **“Formation of the Egg”**. In: Commercial Chicken Meat and Egg Production” Bell. D.D., Weaver D.W. (eds) 5th Edición Editorial Kluwer Academic Publishers. United States of America. pp 59-69.
- ✓ Beyer R.S., Jensen L.S. (1991). **“Influence of Orotic Acid on Performance, Liver Lipid Content and Egg Cholesterol Level of Laying Hens”**. Poultry Sci. 70:2322-2328.
- ✓ Beyer R.S., Jensen L.S. (1992).” **Cholesterol Concentration of Egg Yolk and Blood Plasma and Performance of Laying Hens as Influenced by Dietary Alfa-Ketoisocaproic Acid”**. Poultry Sci. 71:120-127.
- ✓ Beyer R.S., Jensen L.S. (1993a) **”Tissue and Egg Cholesterol Concentrations of on Laying Hen Fed High-Protein Barley Fluor-Tocotrienol and Cholesterol.”** Poultry Sci. 72:1339-1348.
- ✓ Beyer R.S., Jensen L.S. (1993b) **”Reduced Plasma Cholesterol Concentrations and Lipoprotein in Laying Hens Without Concomitant Reduction of Egg Cholesterol in Response to Dietary Sorbose”**. Poultry Sci. 72:88-97.
- ✓ Barclay W., Abril R., Abril P., Weaver C., Ashford A. (1998) **“Production of docosahexaenoic acid from microalgae and its benefits for use in animal feeds ”**. In The Return of ω 3 Fatty acids into the food Supply. 1. Land-Based Animal Food Products and their health Effects. A.P. Simopoulos (Editor). Edit. Karger A G, Basel Switzerland Pp. 61-76.
- ✓ Bowers J. (1992) **”Food. Theory and Applications”**. Second Edition, McMillan Pub Co., New York, USA, pp359-400.

-
- ✓ Buxadé C. (1987) **“La Gallina Ponedora, Sistemas de Explotación y Técnicas de Producción”**. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, pp 388-405.
 - ✓ Calumpong H.P., Menees E.G. (1997) **“Field Guide to the Common Mangroves, Seagrasses and Algae of the Philippines”**. Bookmark Inc. Makati City, Philippines. p 197
 - ✓ Carranco M.E., Calvo C., Arellano L, Pérez Gil F., Avila E., Fuente B. (2003) **”Inclusión de la Harina de Cabezas de Camarón *Penaeus sp.* en Raciones para Gallinas Ponedoras. Efecto Sobre el Pigmento Rojo de Yema y Calidad de Huevo”**. Revista Inter-ciencia 28(6):328-333.
 - ✓ Carrillo D.S. (1999). **“Modificación en la Composición Lípidica del Huevo y la Carne de Pollo mediante la inclusión de Productos Marinos y Vegetales en la Ración.”** En Memorias del Diplomado en Producción avícola, Modulo II. Alimentación y nutrición de las Aves. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Pp 79-88.
 - ✓ Carrillo D.S., Casas V.M., Ramos R.F. Pérez-Gil F., Sánchez R.I.(2002) **“Algas Marinas de Baja California Sur, México: Valor Nutrimental”**. Arch. Latinoam. Nutr. 52 (4):400-405.
 - ✓ Carrillo D.S. (2005) **”Mitos y Realidades Sobre el Consumo del huevo”**. En: “La Avicultura y sus Retos Actuales” Colegio de Postgraduados. pp21-38
 - ✓ Carrillo D.S. (1999) **“Modificación en la Composición Lípidica del Huevo y la Carne de Pollo Mediante la Inclusión de Productos Marinos y Vegetales en la Ración”**. En: Memorias del Diplomado en Producción Avícola, Modulo II: Alimentación y Nutrición de las Aves I, FMVZ, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. pp.79-97
 - ✓ Carrillo D.S., Casas V.M., Castro G.M.I., Pérez - Gil R.F.,García R. (1990) **”Empleo del Alga Marina *Macrocystis pyrifera* en Dietas para Pollos de Carne”**. Inves. Agr. Prod. Sanid. Anim. 5:137-142.

- ✓ Carrillo D.S., Castro G.M.I., Pérez - Gil R.F., Rosales E., Manzano R.E. (1992) **"The Seaweed (*Sargassum sinicola* Setchel and Garder) as an Alternative for Animal Feeding"** Cuban J. Agri. Sci. 26:177-184.
- ✓ Carrillo D.S., Carranco J.,M.E. Castillo, D.R.M., Castro G.M.I. Avila G.E., Pérez G.F. (2005) **"Cholesterol and n-3 and n-6 Fatty Acid in Eggs from Laying Hens Fed with Red Crab Meal (*Pleuroncodes planipes*)"**. Poultry Sci. 84:167-172.
- ✓ Casas, V.M.M., Ponce D.G. (1996) **"Estudio del Potencial Pesquero Acuícola de Baja California Sur"**. Casas Valdés M. y G. Ponce D. (Eds). SEMARNAP, CIBNOR, CICIMAR, UABCS,FAO.
- ✓ Castillo Badillo C., Vázquez V.J.L., González A.M., Morales B.E. Castillo D.R.M. Carrillo D.S. (2005) **" El Aceite de Atún como Fuente de Ácidos Grasos omega 3 en el Huevo de Gallina"**. Grasas y Aceites. 56:2:153-159.
- ✓ Castillo D.R.M., Carrillo D.S., Pérez-Gil R.F., Avila G.E, Cassis N.L.(2001) **"Aceite de Sardina como Fuente de Ácidos Grasos omega-3 y su Efecto Sobre la Calidad y Sabor del Huevo para Plato"**. Memorias de la XXVI Reunión Anual de la Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas ANECA, Acapulco, Guerrero, México. pp. 67-69.
- ✓ Castro,G.M.I., Carrillo,D.S., Pérez-Gil,R.F. (1994) **"Chemical Composition of *Macrocystis pyrifera* (Giant sargazo) Collected in Summer and Winter and its Possible Use in Animal Feeding"**. Ciencias Marinas 20(1): 33-40.
- ✓ Castro-Gonzalez M.I., Montaña B.S., Pérez-Gil F.(2001) **"Ácidos Grasos de Sardina en Salsa de Tomate de Diferentes Zonas Pesqueras del Pacífico Mexicano, en Aceite y Agua"**. Arch. Latinoam. Nutr. 51:400-406.
- ✓ Chapman V.J., Chapman D.J (1980), **"Seaweeds and their Uses"**. Chapman and Hall, Third edition, London.pp

Literatura citada

- ✓ Cifuentes J.L., Torres-García P., Frías M. (1990) **"El Océano y Sus Recursos"**. Volumen IX. Pesca y Volumen X. Pesquerías. Fondo de Cultura Económica.228p.
- ✓ Clarenburg R., Kim Chung L.A., Wakefield L.M. (1971) **"Reducing the Egg Cholesterol Level by Inducing Emulsified Sitosteril in Standard Chicken Diet"**. J. Nutr. 101:289-297.
- ✓ Coon C.N. (2002) **"Digestion and Metabolism"**. In: Commercial Chicken Meat and Egg Production" Bell. D. D., Weaver D. W.(eds) 5th Edition, Editorial Kluwer Academic Publishers. United States of America. pp 199-213.
- ✓ Corridan B., Wilson A. (1999) **"Health Effects of n-3 Polyunsaturated Fatty Acids"**. In Encyclopedia of Human Nutrition. M.J Sadler, J.J Strain and B. Caballero (eds). Academic Press. London. pp 757-769.
- ✓ Dupont J.I., (1999), **"Fats and Oils. Nutritional Value "**. In: Encyclopedia of Human Nutrition. M.J Sadler, J.J Strain and B. Caballero (eds). Academic Press. London. pp719-729.
- ✓ ENN (1999) **"Encuesta Nacional de Nutrición"**. Instituto Nacional de Salud Pública e Instituto Nacional de Nutrición. México D.F.
- ✓ Espinoza J., Rodríguez H. (1992) **"Crecimiento de *Sargassum sinicola* Setchell et Gardner(Phaeophyta) en la Parte Sur del Golfo de California, México.** Ciencias Marinas,15(4):141- 149.
- ✓ FAO (2003) **"Perfiles Nutricionales por Países"**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación", Roma, Italia.
- ✓ Fenton M., Sim J.S. (1991)" **Determination of Egg Yolk Cholesterol Content by On-Column Capillary Gas Chromatography"**. J.Chromatography. 540:323-329.
- ✓ Freile P.Y. (2001) **"Las Algas en la Botica"**. Avance y Perspectiva 20:283-292.

- ✓ Goodfellow J. (2000) "**Dietary Supplementation in Subjects with Hypercholesterolemia**". J. Am. Collect. Cardiology. 35:265-270.
- ✓ González Ezquerro R., Lesson S. (2000) "**Effects of Feeding Hens Regular or Deodorized Menhaden Oil on Production Parameters, Yolks Fatty Acid Profile, and Sensory Quality of Eggs**". Poultry Sci. 79:1597-1602.
- ✓ González Ezquerro R., Lesson S. (2001) "**Alternatives for Enrichment of Eggs and Chicken Meat with Omega-3 Fatty Acids**". Can. J. Anim. Sci. 81:3:295-305.
- ✓ Grobas S., Mateos G.G. (1996) "**Influencia de la Nutrición Sobre la Composición Nutricional del Huevo**". XII Curso de Especialización FEDNA Madrid, España.
- ✓ Grobas S., Méndez J., Lázaro R., de Blas C., Mateos G.C. (2001) "**Influence of Source and Percentage of Fat Added to Diet on Performance and Fatty Acid Composition of Egg Yolks of Two Strains of Laying Hens**". Poultry Sci. 80:1171-1179.
- ✓ Hargis P.S., Van Elswyk M.E. (1993) "**Manipulating the Fatty Acid Composition of Poultry Meat and Eggs for the Health Conscious consumer**". World's Poultry Sci. J. 49:251-264.
- ✓ Herber S.M., Van Elswyk M.E. (1996) "**Dietary Marine Algae Promotes Efficient Deposition of n-3 Fatty Acids for the Production of Enriched Shell Eggs**". Poultry Sci. 75:1501-1507
- ✓ Hernández C.G. (1990) "**Variación Estacional del Contenido de Alginatos en Tres Especies de Feofitas de Baja California Sur, México**". Investigaciones Marinas CICIMAR, 2(1):29-45,1990.
- ✓ Horwitz W. (2000) "**Official Methods of Analysis of AOAC international**". AOAC International, USA., Capítulo 34 (3), 41 pp.19-24.

Literatura citada

- ✓ Hu F.B. Stampfer M.J, Rimm E.B, Manson J.E., Ascherio A., Colditz G.A., Rosner B.A., Spiegelman D., Speizer F.E., Sacks F.M., Hennekens Ch.H., Willett W.C., (1999) **“A Prospective Study of Egg Consumption and Risk of Cardiovascular Disease in Men and Women”**. JAMA 281(15):1387-1394.
- ✓ Huang Y-S., Liu J.W. (1999) **“Fatty Acids. Metabolism”** . In: Encyclopedia of Human Nutrition. M.J Sadler, J.J Strain and B. Caballero (eds). Academic Press. London. pp 730-737.
- ✓ INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (2004) **“ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA DE MUERTOS”** MÉXICO, D.F., DATOS NACIONALES.
- ✓ Ito K. y Tsuchiya Y. (1972) **“The Effect of Algal Polysaccharides on the Depressing of Plasma Cholesterol Level in Rats”**. In: Proc. Int. Seaweed Symp. Tokyo University Press pp.451-454.
- ✓ Jiménez-Escrig A., Goñi C.I. (1999) **“Evaluación Nutricional y Efectos Fisiológicos de Macroalgas Marinas Comestibles”**. Arch.Latinoam. Nutr. 49 (2):114-119.
- ✓ Kato A., Hirata S., Kobayashi K. (1978) **“Structure of the Sulphated Oligosaccharide Chain of Ovomucin”**. Agric. Biol. Chem. 42: 1025-1029.
- ✓ Klasing K.C. (1998) **“Comparative Avian Nutrition”**. CAB International. New York, pp.171-209.
- ✓ Krauss et al. (2000) **“AHA Dietary Guideline”**, Circulation .102:2284-2299.
- ✓ Kritchevsky, D. (1993).”colesterol en Enciclopedia of food science. Food technology food sceince and nutrition. Edited by Macrae, R., Robinson, R. K., Saedler, M. J. Academic Press vo. 1 London , U.K. pp. 925-928.
- ✓ Krumel, D. (1996) **“Lipids”**. In: Krause’s Food , Nutrition and Diet Therapy. Mahan, K. & Escott- Stumps (eds). Saunders Company Edition 9ª. Ed., U.S.A. pág.49-62.

Literatura citada

- ✓ Kuang Chow Ch. (2000) **"Fatty Acids in Foods and Their Health Implications"**. Second edition. Marcel Dekker. USA Pp.125-151.
- ✓ Leeson S., Summers J.D. (1997) **"Commercial Poultry Nutrition"**. University Books. Second edition. Guelph, Ontario, Canada. 350p.
- ✓ Leeson S., Summers J.D. (2001) **"Nutrition of the Chicken"**. University Books 4thEdition. Guelph, Ontario, Canadá. pp. 1-29.
- ✓ Lobb K., Kuang Chow Ch. (2000) **"Fatty Acid Classification and Nomenclature"**. In: Fatty Acids in Foods and Their Health Implications. pp.1-15. Ching Kuang Chow (editor). Second edition. Marcel Dekker.
- ✓ Marshall A.C., Van Elswyk M.E. (1994) **"Oxidative Stability and Sensory Quality of Stored Eggs from Hens Fed 1.5% Menhaden Oil"**. J.Food Sci. 59:261-263.
- ✓ Mateos, G.G. (1991) **"Factores que Influyen en la Calidad del Huevo"**. En: C. De Blas y G. Mateos. Nutrición y Alimentación de Gallinas Ponedoras. Editorial AEDOS y Mundi- Prensa Ediciones. Madrid, España, pp227-263.
- ✓ McHugh D.J. (2002) **"Perspectivas Para la Producción de Algas Marinas en Desarrollo"**. FAO Circular de Pesca No 968 Roma, FAO p30
- ✓ McNamara D.J., Nicolosi R. (1998) **"Cholesterol"**. In: Encyclopedia of Human Nutrition. Edited Sadler, M.J., Strain, J., Caballero, B. Academic Press vol 1 London ,UK, Pag. 371-382.
- ✓ Meza, A. M. (1998) **"Impacto sobre la calidad del huevo al incluir algas marinas en raciones para gallinas ponedoras"**. Tesis de Maestría, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM.
- ✓ Nash D.M., Hamilton RMG., Sanford K.A., Hulan W. (1996) **"The Effect of Dietary Menhaden Meal and Storage on the omega 3 Fatty Acids and Sensory Atributes of Egg Yolk in Laying Hens"**. Can.J. Anim.Sci. 76:377-383.

Literatura citada

- ✓ Nishide E., Uchida N. (2003) **“Effects of *Ulva* Powder on the Ingestion and Excretion of Cholesterol in Rats”**. In: Proceedings of the 17th International Seaweed Symposium Chapman O.R.A. Anderson J. R. Oxford University Press. Great Britain pp. 165-168.
- ✓ Noble, R.C. (1987) **“Egg Lipids”**. In: Wells R. G. and Belyavin C.G. Egg Quality-Current Problems and Recent Advances. Chap. 10. Butterworths and Co. Publisherrs, Ltd., England.
- ✓ Noble, R.C.(1999) **“Manipulation of the Nutritional Value of Eggs”**. In Recent Developments in Poultry Nutrition 2. Wiseman J. and Garnsworthy P. C. (eds), Nottingham University Press. United Kingdom, chap 16 pp. 251-268.
- ✓ NMX (2004). **Norma Mexicana NMX-FF-079-SCFI-2004**. Para Productos Avícolas. Huevo Fresco de Gallina. Especificaciones y Métodos de Prueba. 23p.
- ✓ North, M.O., Bell D.D. (1990) **“Manual de Producción Avícola”**. El Manual Moderno, México, D.F.
- ✓ Pappas A.C., Acamovic Sparks N.C.H., McDvitt R.M. (2005) **“Effects of Supplementing Broiler Breeder Diets with Organic Selenium and Polyunsaturated Fatty Acids on Egg Quality During Storage”**. Poultry Sci. 84: 865-874.
- ✓ Percival E., McDowell H. R. (1990) **“Algal Polysaccharides”**. In: Methods on Plant Biochemistry . Dey p.m. and Harborne J.B., Academic Press Limited. USA vol. 2 pp 523.
- ✓ Puigrós, C., Chacón, P., Armadans L. Clapés., J. Planas M. (2001) **“Effects of Oleic-rich and Omega-3 Rich Diets on Serum Lipid Pattern and Lipid Oxidation in Midly Hypercholesterolemic Patients”**. Clin.Nutr. 21(1):79-87.
- ✓ Quintana, J. A.(1999) **“Avitecnia. Manejo de las Aves Domésticas más Comunes”**. Editorial Trillas, S.A. de C.V. 3^a Edición, México.384p.

Literatura citada

-
- ✓ Ragan M.A. (1981), "**Chemical Constituents of Seaweeds**". In: The Biology of Seaweeds. Botanical Monographs by Lobban C.S. and Wynne M.J. University of California Press California USA pp.589-626.
 - ✓ Ramos R. F., Carrillo D. S. (1997) "**Concentraciones Séricas de Colesterol y HDL-Colesterol en Gallinas Ponedoras al Incluir en su Ración Algas Marinas**". Memorias de la XXII Reunión Anual de la Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas ANECA Ixtapa, Zihuatanejo. pp.199-204
 - ✓ Ramos R.F., Carrillo D.S., Pérez-Gil R.F., Avila G.E., Carranco J.M.E., Castillo D.R.M. (1998) "**Modificación en el Contenido de Colesterol en el Huevo de Gallina al Incluir las Algas Marinas *Macrocystis pyrifera* y *Ulva Spp.* en la Ración de Ponedoras**". Memorias de la XXIII Reunión Anual de la Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas ANECA Puerto Vallarta, Jalisco. pp.202-204.
 - ✓ Reiner E. (1962) "**Hypocholesterolemic Agents Derived from Sterols of Marine Algae**". Can. J. Biochem. Physiol. 40:1401-1406
 - ✓ Rendón U. Carrillo D.S., Arellano G.L., Casas M.M., Pérez F., Avila E. (2003) "**Chemical Composition Of The Residue of Alginates (*Macrocystis pyrifera*) Extraction. Its Utilization in Laying Hens Feeding**" Cuban J. Agric. Sci. 37 (3):287-294.
 - ✓ Rocha R.V., Siqueiros-Beltrones D.A. (1990) "**Revisión de las Especies del Género *Sargassum* C. Agardh Registradas para la Bahía de la Paz, B.C.S. México**". Ciencias Marinas, 16(3): 15-26.
 - ✓ Rodríguez B.M., Carrillo D.S., Pérez -Gil R.F., Avila G.E. y Casas V. M.(1995) "**Efecto sobre la calidad del huevo y cascarón al incluir algas marinas *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* en raciones para ponedoras**" Memorias XX Convención de la Asociación Nacional de Especialistas en ciencias Avícolas, 3-7 de mayo de 1995. ANECA. Acapulco, Guerrero, México, pp 291-297.

Literatura citada

- ✓ Rodríguez B.M.G.(1995).”**Las algas marinas Sargassum sincola y Ulva lactuca como Fuentes alternas de minerals y pigmentos en gallinas de postura.**” Tesis de Maestria, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. pp.106
- ✓ Rojkind A. R. de (1977) “**Algas Marinas Bentónicas Como Suplemento en la Alimentación Animal 1: Ensayos con Pollos y Gallinas Ponedoras**”. Contribución Técnica No.19. Centro de Investigación de Biología Marina, Estación Puerto Deseado y Estación Austral. Buenos Aires, Argentina. 24 p.
- ✓ Sánchez–Castillo C.P., Pichardo–Ontiveros E., López-Romero P. (2004) ”**Epidemiología de la Obesidad**”. Gaceta Médica de México. Vol. 140 Suplemento No.2: S3-S20.
- ✓ Simopolous, A.P. (2000) “**Human Requeriments for n-3 Polyunsaturated Fatty Acids**”. Poultry Sci.79:961-970.
- ✓ Stak, K.D.(2000) “**Effects of Fish-Oil Concentrate in Postmenopausal Women Receiving and not Receiving Hormone Replacement Therapy in Placebo-Controlled, Double-Blind Trial**”. Am. J. Clin. Nutr. 72: 389-394.
- ✓ Stadelman W.J., Schumider H. (2002) “**Functional Uses of Eggs–an Overview**”. Eggs and Health Promotion. Ronald Press Watson. pp 3-183.
- ✓ Sunde M.L. (1992) “**Symposium: The Scientific Way to Pigment Poultry Products, Introduction to the Symposium**”. Poultry Sci. 71:709-710.
- ✓ Summers J.D. Slinger S.J., Anderson W. J. (1966) ”**The Effect of Feeding Various Fats and Fat by-Products on the Fatty Acids and Cholesterol Composition of eggs** “. Brit. Poultry Sci. 7:127-134.
- ✓ Surai P.F., Sparks N.H.C. 2000). “**Tissue Specific Fatty Acids and Alfa-Tocopherol Profiles in Male Chickens Depending on Dietary Tuna Oil and Vitamin E Provision**”. Poultry Sci. 79:1132-1142.

- ✓ Torre M.C., Fonseca P. M. (2004) **"El Huevo Mitos, Realidades y Beneficios"**, Instituto del Huevo, ESDAI, México D.F.95pp
- ✓ Turnbull W.H. (1999). **"Eggs, Nutritional Value"**. In : Encyclopedia of Human Nutrition. M.J Sadler, J.J Strain and B. Caballero (eds). Academic Press. London. pp 631-634
- ✓ UNA, (1999) **"Resultados del Estudio Cualitativo para Evaluar los Hábitos de Consumo del Huevo"**, Unión Nacional de Avicultores México, D. F.48p.
- ✓ UNA, (2005) **"Compendio de Indicadores Económicos del Sector avícola 2005"** Unión Nacional de Avicultores México, D. F.105p.
- ✓ Van Elswyk ME, Sams AR, Hargis PS. (1992) **"Composition Functionality and sensory evaluation of eggs from hens fed dietary menhaden."** Journal Food Science 57:342-344, 349.
- ✓ Van Elswyk M.E. (1995) **"Dietary Menhaden Oil Influences Sensory Characteristics and Head-Space Volatiles of Shell Eggs"** J. Food Sci. 60:85-89.
- ✓ Van Elswyk M.E. (1997) **"Nutritional and Physiological Effects of Flaxseed in Diets for Laying Fowl"**. World's Poult. Sci. 53:253-264.
- ✓ Ventura M.R., Castañón J.I.R., McNab J.M. (1994) **"The Nutritive Value Of Seaweed (*Ulva lactuca*) for Poultry"**. Anim. Feed Sci. and Tech. 49:87-92.
- ✓ Weiss J.F., Johnson R.M., Naber E.C. (1967) **"Effect of Some Dietary Factors and Drugs in Cholesterol Concentration in the Egg and Plasma of the Hen"**. J. Nutr. 91:119-128.
- ✓ Welch V.A., Borlak J.T. (2000) **"Absorption and Transport of Dietary Lipids"**. In: Fatty Acids in Foods and Their Health Implications Second Edition Ching Kuang Chow. Marcel Dekker. Second Edition United States of America. pp 451-480.

Literatura citada

- ✓ Zeidler G.(2002) “**Shell Eggs and their Nutritional Value**”. In: Commercial Chicken Meat and Egg Production” Bell. D. D., Weaver D. W.(eds) 5th Edition Editorial Kluwer Academic Publishers. United States of America. pp 1109-1128.
- ✓ Zeidler G.(2002) “**Shell Egg Quality and Preservation**”. In: Commercial Chicken Meat and Egg Production” Bell. D. D., Weaver D. W.(eds) 5th Edition Editorial Kluwer Academic Publishers. United States of America. pp 1199-1217.

XI Anexos

1 Técnicas

LÍPIDOS TOTALES.

Método de referencia: 923, lipids and lipids phosphorus in eggs, AOAC Official Methods Horwits, (2000)

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

Pesar 1gr de muestra. Disolver en 25 ml de solución cloroformo etanol (1:1). Agitar por 2 min. Filtrar con papel watman No4. Evaporar disolvente con flujo de N₂ y baño María. Filtrar con algodón en un tubo previamente pesado. Evaporar el disolvente con flujo de N₂ y baño María. Pesar tubo y determinar por diferencia.

ÁCIDOS GRASOS

Método de referencia :969.33, Fatty acids in oils and fats, AOAC Oficial Methods (Horwitz, 2000).

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

Pesar 1gr de muestra y realizar extracción de lípidos totales, a la fracción obtenida. Adicionar 2 ml de Sosa metanólica (2%). Adicionar 1ml de estándar interno Ácido miristoléico 1mg/ml). Calentar a ebullición por 10min. Enfriar a temperatura ambiente. Adicionar 1ml de trifloruro de boro (BF₃) en MeOH (14%). Calentar a ebullición por 2 min. Enfriar a temperatura ambiente. Adicionar 5ml de heptano. Calentar a ebullición por 2 min. Enfriar a temperatura ambiente. Adicionar solución saturada de NaCl (3ml). Agitar en vortex. Centrifugar 5 min. Separar fase orgánica con pipeta pasteur. Transvasar a un tubo de 50ml. Evaporar disolvente con flujo de N₂ y baño María. Redisolver en un 1ml de hexano y transvasar a un vial.

COLESTEROL

Método de referencia Fenton y Sim (1991).

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

Pesar 1gr de muestra. Adicionar 2 ml de KOH al 40 %. Agregar 10 ml de etanol. Adicionar 1ml de estándar interno (5 alfa colestano (2mg/ml)). Incubar a 70° C. 1hr 15 min. (agitar c/20min.). Enfriar a temperatura ambiente. Agregar 5ml de hexano. Adicionar 10ml de agua desionizada. Agitar en vortex 1min. Centrifugar 5min. Separar fase superior. Colocarla en un tubo filtrando, con papel filtro No 42 y con sulfato de sodio anhidro.(el sulfato se humedece con un poco de hexano). A la parte inferior se adiciona 5 ml de hexano. Agitar en vortex 1min. Centrifugar 5min. Separar la fase superior y colocarla con el producto obtenido en la extracción anterior. Repetir esta operación tres veces. La fase filtrada es evaporada con flujo de N₂ y baño Maria. Redisolver en 1ml de heptano, y transvasar a un vial.

ANEXO 2

PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO

Nombre _____ Fecha _____

Muestra Huevo Característica a evaluar Sabor.

Instrucciones: Pruebe cada una de las muestras que se le presentan e indique con una **X** su nivel de agrado de acuerdo a la siguiente escala. **Entre cada muestra es importante que tome un poco de pan y agua.**

MUESTRA

Gusta mucho _____

Gusta poco _____

Es indiferente _____

Disgusta poco _____

Disgusta mucho _____

Comentarios: _____

iii GRACIAS iii

ANEXO 3

PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO

Nombre _____ Fecha _____

Muestra: Yema de Huevo Característica a evaluar: Color

Instrucciones: Observe detenidamente cada una de las muestras que a continuación se le presentan e indique con una **X** su nivel de agrado.

MUESTRA

Gusta mucho	_____	_____	_____	_____
Gusta poco	_____	_____	_____	_____
Es indiferente	_____	_____	_____	_____
Disgusta poco	_____	_____	_____	_____
Disgusta mucho	_____	_____	_____	_____

Comentarios: _____

ANEXO 4 CROMATOGRAMA DEL TRATAMIENTO TESTIGO

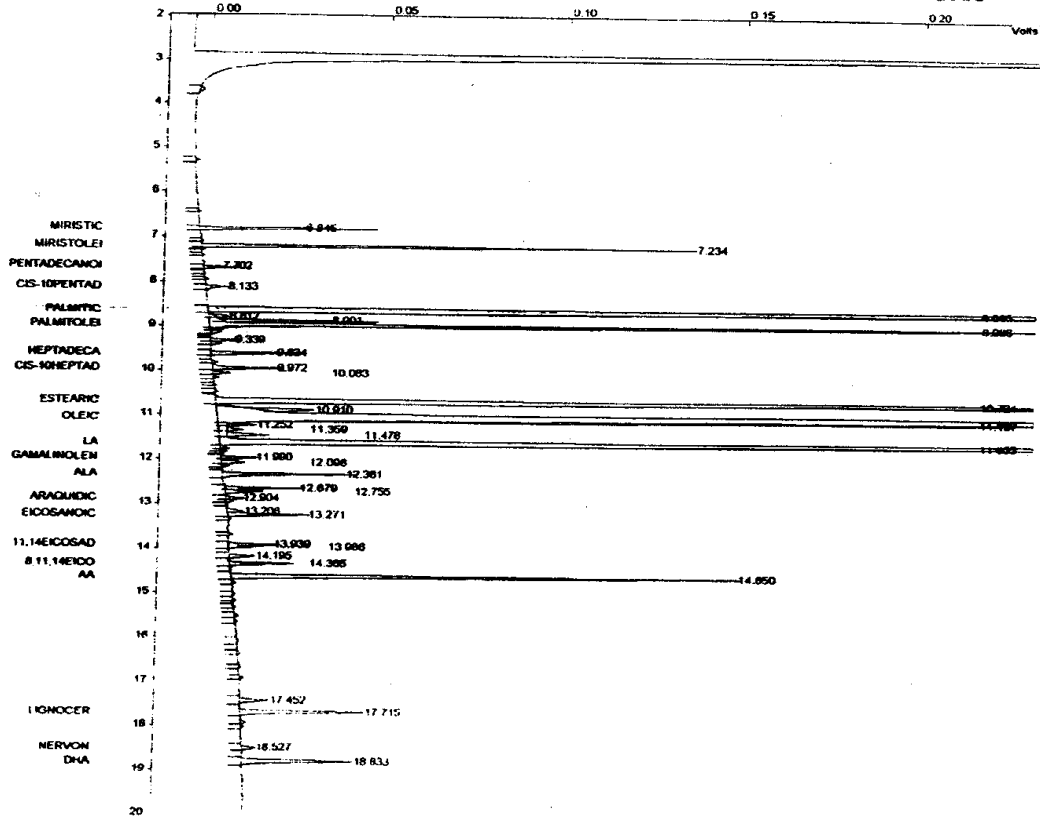
Title : ACIDOS GRASOS
 Run File : C:\STAR\MODULE16\ABRIL155.RUN
 Method File : C:\STAR\ROSAMA\AGPRUEB1.MTH
 Sample ID : EDGAR 7A

Injection Date: 4-MAY-4 1:46 PM Calculation Date: 4-MAY-4 2:09 PM

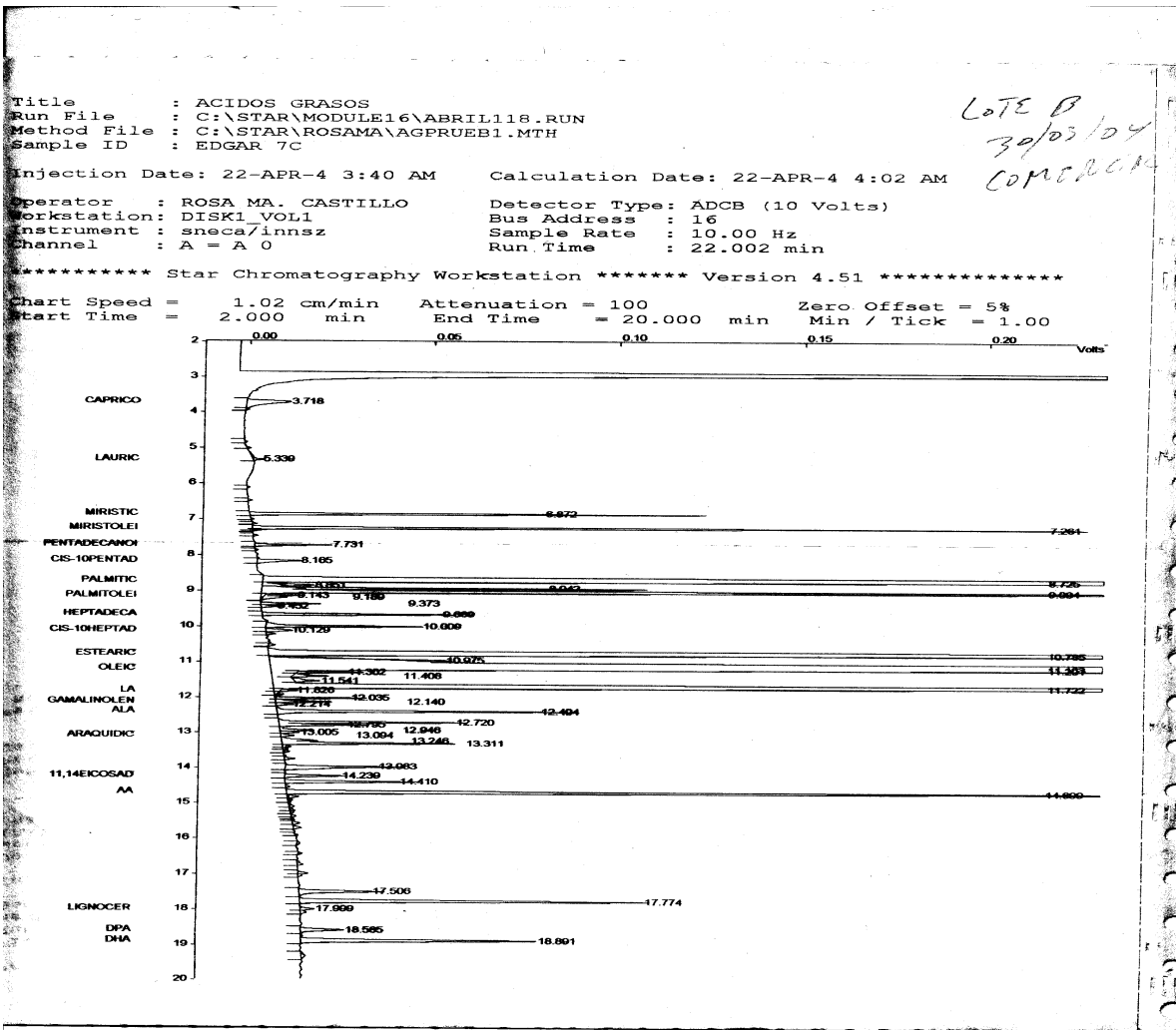
Operator : ROSA MA. CASTILLO Detector Type: ADCB (10 Volts)
 Workstation: DISK1_VOLI Bus Address : 16
 Instrument : sneca/linnz Sample Rate : 10.00 Hz
 Channel : A = A 0 Run Time : 22.002 min

***** Star Chromatography Workstation ***** Version 4.51 *****

Chart Speed = 1.02 cm/min Attenuation = 100 Zero Offset = 5%
 Start Time = 2.000 min End Time = 20.000 min Min / Tick = 1.00

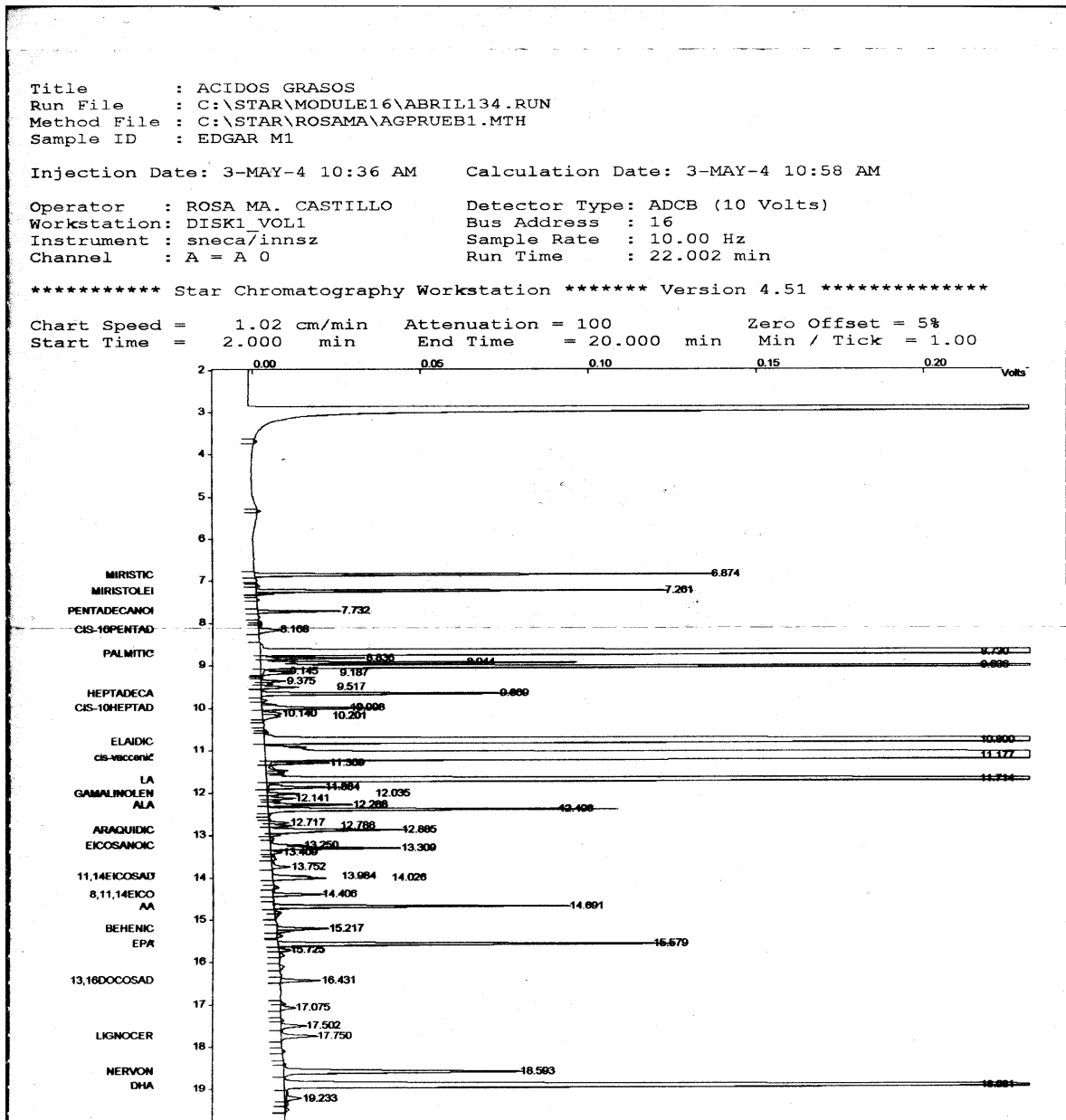


ANEXO 5 CROMATOGRAMA DEL TRATAMIENTO QUE INCLUYÓ *Macrocystis pyrifera* + Aceite de Sardina



ANEXO 6

CROMATOGRAMA DEL TRATAMIENTO QUE INCLUYÓ *Sargassum sinicola* + Aceite de Sardina



ANEXO 7

CROMATOGRAMA DEL TRATAMIENTO QUE INCLUYÓ *Enteromorpha spp* + Aceite de Sardina

