



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

**Empleo de microalgas *Schizochytrium sp* como fuente de ácidos grasos
Omega 3 (DHA) en la dieta para gallinas de huevo para plato**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

ISAÍAS SÁNCHEZ HERRERA

TUTOR: ERNESTO ÁVILA GONZÁLEZ

COMITÉ TUTORAL: CARLOS LÓPEZ COELLO

MARIANO GONZÁLEZ ALCORTA

MÉXICO, D.F.

2012



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.

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico al motor más importante de mi vida; MI FAMILIA Y MIS AMIGOS.

A mi Papá, a esa persona que me enseñó a valorar que todo esfuerzo siempre trae una gran recompensa.

A mi Mamá, quien siempre está dándome el apoyo necesario para levantarme en esos momentos difíciles.

A mis hermanos; Heriberto y Ana Paola, quienes me apoyaron en todo.

A ti Liliana, mi hermosa mujer, muchas gracias por darme fuerzas para seguir adelante y no dejarme caer en esos momentos difíciles, me haces el hombre más feliz, TE AMO tanto.

A mi cuñado y a mis sobrinos hermosos, por estar ahí llenándome de bendiciones.

A mi nueva familia Diosdado, por permitirme ser parte de ella, los quiero muchísimo a todos.

A mis grandes amigos Jorge, Alma, Lázaro, Miguel que me apoyaron en la realización de este trabajo.

Agradecimientos

Al Dr Daniel Camacho y la empresa NOVUS por darme el apoyo y el producto para poder realizar este trabajo.

A mi Universidad que me dió la oportunidad de seguir creciendo académicamente.

Al Doctor Ernesto Ávila González, a esa persona que a pesar del rango que tiene como investigador, tiene una gran sencillez con las personas que lo rodean y por el gran apoyo incondicional que ha tenido conmigo, no sé como podre pagarle todo esto.

Al Doctor Carlos López y Al Doctor Mariano, por ser parte de mí comité y darme consejos para la realización de este estudio.

Al Doctor Ezequiel Sánchez y a la Dra. Elizabeth Posadas, por aguantarme tanto tiempo en la granja y me dieron consejos para seguir adelante.

Al Doctor Benjamín Fuente, quien me brindo su amistad, aclaro varias dudas hacia mi trabajo y propuso soluciones a estas.

A la Dra Silvia Carrillo y a la Dra Marielena que me ayudaron con los análisis en el Instituto de Nutrición Salvador Zubirán.

Al Doctor Arturo, Doctor Tomas, Doña oliva, Doña Irma que siempre me apoyaron cuando les pedía ayuda.

Al Ingeniero Francisco Javier González Director de PREVITEP, quien me dio la oportunidad de trabajar en la empresa e ir tomando experiencia y de terminar este proyecto.

A mis amigos de PREVITEP muy sinceros, en especial Abel Morales, Roció Padilla y a Juan Carlos Jiménez, una persona muy sincera y sencilla, que no es envidioso con sus conocimientos.

A todos muchas gracias por permitirme ser parte de su vida y en la ayuda para el termino de este proyecto y como dice el lema de mi Universidad “POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”.

Contenido

	Página
1. Resumen	.....1
2. Abstract	.....3
3. Introducción	.....5
3.1. Importancia de la producción de huevo en México	.....5
3.2. Lípidos	.....8
3.2.1. Descripción general	.....8
3.3. Ácidos grasos	.....9
3.3.1. Nomenclatura ácidos grasos	.....11
3.4. Efectos benéficos de los AG Omega-3	.....13
3.4.1. Durante la gestación	.....13
3.4.2. Durante el crecimiento	.....14
3.4.3. Sobre el sistema cardiovascular	.....14
3.4.4. Sobre el sistema inmunológico como coadyuvantes en el tratamiento de SIDA	.....14
3.4.5. Sobre el sistema nervioso	.....15
3.4.6. Otras enfermedades sobre las cuales los ácidos grasos Ω -3 tienen efectos benéficos	.....17
3.5. Fuentes de AG Ω -3 en la dieta	.....17
3.5.1. Origen vegetal	.....18
3.5.1.1. Verduras	.....19
3.5.1.2. Aceites vegetales	.....22
3.5.2. Origen animal	.....23
3.5.2.1. Aceites de pescado	.....24
3.5.2.2. Pescados y mariscos	.....26
3.5.2.3. El papel de los alimentos marinos en la dieta	.....26

3.6. Productos enriquecidos con ácidos grasos Ω-3	.....31
3.6.1. Aceites	.....32
3.6.2. Productos de panadería	.....32
3.6.3. Fórmulas infantiles	.....33
3.6.4. Leche	.....33
3.6.5. Carnes y productos cárnicos	.....34
3.6.6. Huevo	.....35
3.7. Microalgas	.....36
3.8. El ácido docosahexaenoico (DHA)	.....38
3.8.1. Mecanismo de acción de DHA	.....40
3.9. Digestión y absorción de las grasas en las aves	.....41
3.9.1. Incorporación de las grasas en la yema del huevo	.....43
4. Justificación	.....46
5. Hipótesis	.....47
6. Objetivo general	.....48
6.1. Objetivos particulares	.....48
7. Material y Métodos	.....49
7.1. Evaluación de la calidad del huevo	.....53
7.2. Obtención de lípidos totales	.....54
7.3. Cuantificación de ácidos grasos poliinsaturados	.....55
7.4. Evaluación sensorial	.....55
7.5. Prueba de nivel agrado para evaluar sabor de huevo	.....56
7.6. Prueba de preferencia para evaluar color en la yema de huevo	.....59
8. Resultados y discusión	.....60
9. Conclusiones	.....64
10. Referencias	.....76

Anexos

	Página
CUADRO 1.- Composición nutrimental del huevo de gallina	.....6
CUADRO 2.- Composición de aminoácidos del huevo	.....7
CUADRO 3.- Nomenclatura de los ácidos grasos esenciales	.....12
CUADRO 4.- Composición de linaza integral	.....19
CUADRO 5.- Contenido de ácidos graso Omega 3 en vegetales	.....20
CUADRO 6.- Contenido de AAL en aceites vegetales	.....22
CUADRO 7.- Ácidos grasos Omega 3 en aceites de pescados	.....25
CUADRO 8.- Ácidos grasos Omega 3 en pescados y crustáceos crudos	.....29
CUADRO 9.- Ácidos graso Omega 3 en moluscos	.....30
CUADRO 10.- Ácidos grasos omega 3 en algunos mamíferos marinos	.....31
CUADRO 11.- Análisis calculado de nutrimentos en dietas experimentales	.....50
CUADRO 12.- Composición de las dietas experimentales	.....51-52
CUADRO 13.- Escala de medición utilizada en las encuestas tanto de sabor del huevo y color de la yema	.....56
CUADRO 14.- Cuestionario de sabor de nivel de preferencia de yema de huevo	.....57
CUADRO 15.- Cuestionario de sabor de nivel de agrado	.....58

CUADRO 16.-	Respuestas productivas promedio a los 70 días de gallinas Bovans alimentadas con diferentes dietas con diferentes niveles de ácidos Omega 3	.....65
CUADRO 17.-	Resultados promedio de anomalías en huevo de gallinas alimentadas durante en 70 días, con diferentes fuentes y niveles de ácidos grasos Omegas 3	.....65
CUADRO 18.-	Calidad interna y externa del huevo de gallinas alimentadas con diferentes fuentes y nivel de ácidos grasos omega 3	.....66
CUADRO 19.-	Análisis químico proximal de huevo de gallinas alimentadas con las dietas experimentales	.....66
CUADRO 20.-	Resultados de la evaluación del sabor y color de la yema de huevo de gallinas alimentadas con diferentes fuentes de ácidos omega 3	.....67
CUADRO 21.-	Resultado de la evaluación del sabor y color de la yema de huevos de gallinas alimentadas con diferentes fuentes de ácidos omega 3	.....67
CUADRO 22.-	Análisis de ácidos grasos omega 3 en las dietas experimentales	.....68
CUADRO 23.-	Análisis de colesterol y vitamina E en huevo liofilizado de gallinas alimentadas con las dietas experimentales	.....69
CUADRO 24.-	Contenido de ácidos grasos omega 3 en huevo de gallinas alimentadas con las dietas experimentales	.....70
CUADRO 25.-	Contenido de ácidos grasos Omega 6, 3 y relación de Omega 6/3 de las dietas experimentales	.....74

CUADRO 26.-	Análisis de ácidos grasos omega 6, 3 y relación de omega 6/3 en huevo liofilizado	.....74
GRAFICA 1.-	Contenido de Vitamina E en huevo y alimento consumido por las gallinas alimentadas con las dietas experimentales	.....71
GRAFICA 2.-	Contenido de colesterol en huevos de gallinas alimentadas con dietas experimentales	.....72
GRAFICA 3.-	Contenido de ácidos grasos Omega 3 en huevo de gallinas alimentadas con las dietas experimentales	.....73
GRAFICA 4.-	Tasa o Relación de ácidos Omega 6 y Omega 3 en las dietas experimentales y huevo liofilizado	.....75

1.- Resumen

SÁNCHEZ HERRERA ISAÍAS. Empleo de microalgas *Schizochytrium sp* como fuente de ácidos grasos Omega 3 (DHA) en la dieta para gallinas de huevo para plato (Bajo la dirección del Dr. Ernesto Ávila González, Dr. Carlos López Coello y el Dr. Mariano González Alcorta). El objetivo de este estudio fue, el evaluar estas diferentes fuentes de Omegas con el DHA Gold proveniente de microalgas (*Schizochytrium sp*), incluido en dietas para gallinas a diferentes concentraciones, sobre el contenido de colesterol, Omega 3, análisis químico proximal y Vitamina E en el huevo; así como, las variables productivas, calidad del huevo, color de la yema y sabor del mismo. Se emplearon 420 gallinas de la estirpe Bovans de 70 semanas de edad, distribuidos en 7 tratamientos como se señala a continuación: T1) Sorgo + Soya dieta basal; T2) Como T1+ Microalgas 0.7%; T3) Como T1+ Microalgas 1.2%; T4) Como T1+ 3 % harina de linaza; T5) Como T1+ 1.5% aceite de pescado; T6) Como T1+ 3 % harina de linaza + Microalgas 0.7%; T7) Como T1+ 1.5% aceite de pescado + Microalgas 0.7%. Después de 10 semanas de experimentación, se tomaron 140 huevos para la realización de un liofilizado y hacer las siguientes pruebas como: un análisis químico proximal, determinación de ácidos grasos totales y Omegas 3 y 6, así como vitamina E. También se tomaron otros 105 huevos para la realización de un análisis sensorial de la muestras (color de la yema y sabor de huevo). Las variables productivas, análisis sensorial de huevo, análisis químico proximal, calidad interna y externa de huevo, no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P>0.05$). Para las variables lípidos totales, ácidos grasos (AAL, EPA

y DHA) y Vitamina E, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$). La inclusión de Microalgas, es una buena fuente de ácidos grasos Omega 3 y vitamina E para el huevo, y la combinación de estas fuentes con aceite de pescado también resultó ser mejor opción, que la harina de linaza al 3%, o aceite de pescado al 1.5%.

PALABRAS CLAVES: MICROALGAS (*SCHIZOCHYTRIUM SP*), ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3, DHA, HUEVO.

2.- Abstract

SÁNCHEZ HERRERA ISAIÁS. Use of microalgae *Schizochytrium sp.* as a source of fatty acids Omega-3 (DHA) in the diet for chickens from egg to plate (Under the direction of Dr. Ernesto Avila Gonzalez, Dr. Carlos López Coello and Dr. Mariano González Alcorta). Dr Ernesto Ávila González, Dr Carlos López Coello y el Dr Mariano González Alcorta). The aim of this study was to evaluate these different sources of DHA Omega with Gold from microalgae (*Schizochytrium sp*) included in diets for laying hens at different concentrations, on the content of cholesterol, Omega 3, proximate analysis and Vitamin E in the egg, as well as live production, egg quality, yolk color and flavor and taste of eggs. Were used 420 laying hens Bovans White 70 weeks of age, divided in 7 treatments as indicated: T1) Sorghum + Soybean basal diet, T2) as T1 + Microalgae 0.7% T3) As T1 + Microalgae 1.2%, T4) As T1 + 3% linseed meal, T5) As T1 + 1.5% fish oil; T6) As T1 + 3% linseed meal Microalgae + 0.7%; T7) As T1 + 1.5% fish oil + 0.7% microalgae. After 10 weeks of experimentation, 140 lyophilized eggs were employed for the following tests: proximate analysis, determination of total fatty acids and Omega 3 and 6 and vitamin E. Also other 105 eggs were taken for conducting sensory analysis of the samples (color of the yolk and egg flavor). The productive performance, sensory analysis of egg, proximate analysis, internal and external quality eggs, indicated that not significant difference among treatments ($P > 0.05$). For total lipids, fatty acids (ALA, EPA and DHA) and Vitamin E, existed significant differences among treatments ($P < 0.05$). The inclusion of microalgae is a good source of Omega 3 fatty acids and vitamin E for the eggs, and the

combination of these sources with fish oil also proved to be best option, that flaxseed meal 3%, or fish oil 1.5% in the diet.

KEYWORDS: MICROALGAE (*Schizochytrium sp*), OMEGA 3 FATTY ACIDS, DHA, EGGS

3.- Introducción

3.1.- Importancia de la producción de huevo en México

La industria avícola mexicana, ha logrado consolidarse a lo largo de los años como la actividad pecuaria más importante de México, cabe destacar que esta industria es la principal industria transformadora de proteína vegetal en proteína animal. En la alimentación del mexicano, el sector avícola juega un papel importante, ya que 6 de cada 10 personas incluyen en su dieta productos avícolas (huevo y pollo), esto se debe, en parte, a que los precios de huevo y pollo se han reducido en términos reales en la última década, y también a que ambos son alimentos nutritivos y versátiles en su preparación. La producción de huevo en México durante el año 2011 fue de 2.82 millones de toneladas (113 millones de cajas anuales), ubicándose como el sexto productor de huevo a nivel mundial, después de China, La Unión Europea, EUA, India y Japón. También es el principal consumidor de huevo a nivel mundial, con un consumo per cápita de 22.8 Kg de huevo. (1)

Este producto constituye entre la población mexicana, la principal fuente de proteína de origen animal, esto se debe a su bajo costo y a que contiene un excelente perfil de nutrientes necesarios para la vida (Cuadros 1 y 2) (2,3), es un alimento sano y muy completo, tanto por la variedad de nutrientes que contiene, como por su elevado grado de utilización por nuestro organismo. Los compuestos que lo forman cumplen funciones importantes para la salud. Como alimento completo, juega un papel primordial en la estrecha relación establecida entre los productos de origen animal y la dieta humana, sobre todo debido a la importante

cantidad de proteínas, entre ellas, la ovoalbúmina, de elevado valor biológico por su contenido en aminoácidos esenciales. (4)

Cuadro 1. Composición nutrimental del huevo de gallina. Las cantidades de nutrientes se expresan para 100 gramos de porción comestible del alimento (Tomado de Muñoz²).			
Componente		Componente	
Agua g	70	Hierro mg	2.10
Energía, Kilocalorías	158	Fósforo, µg	180
Proteínas, g	12.10	Zinc, mg	1.44
Hidratos de carbono, g	1.2	Vitamina B1 (Tiamina), mg	0.09
Lípidos totales, g	11.1	Vitamina B2 (Riboflavina), mg	0.30
Ácidos grasos saturados,	3.35	Niacina (Ácido nicotínico), mg	0.10
Ácidos grasos monoinsaturados, g	4.08	Ácido fólico, µg	65.00
Ácidos grasos poliinsaturados, g	1.24	Vitamina B12 (Cianocobalamina), µg	66.00
Colesterol, mg	548	Vitamina B6 (Piridoxina), mg	0.12
Fibra dietética, g	0	Vitamina C (Ácido ascórbico), mg	0
Calcio, mg	56	Vitamina A (equivalentes de Retinol), µg	227.00
Magnesio, mg	12	Vitamina D3, µg	1.80

Cuadro 2. Composición de aminoácidos del huevo (por 100 g de parte comestible) (Tomado de Moreiras ³).

Huevo por 100g de porción comestible	Entero	Yema	Clara
Alanina (g)	0.696	0.861	0.608
Arginina (g)	0.750	1.00	0.572
Ácido aspártico (g)	1.256	1.639	1.072
Cistina (g)	0.290	0.301	0.272
Ácido glutámico (g)	1.632	2.126	1.400
Glicina (g)	0.420	0.518	0.368
Histidina (g)	0.296	0.434	0.237
Isoleucina (g)	0.682	0.849	0.596
Leucina (g)	1.068	1.470	0.886
Lisina (g)	0.914	1.217	0.806
Metionina (g)	0.390	0.416	0.362
Fenilalanina (g)	0.664	0.717	0.614
Prolina (g)	0.498	0.699	0.410
Serina (g)	0.930	1.432	0.725
Treonina (g)	0.600	0.892	0.479
Triptófano (g)	0.152	0.199	0.129
Valina (g)	0.762	0.934	0.671
Tirosina (g)	0.510	0.747	0.410

Es importante conocer el papel del huevo entero como alimento funcional, ya que es el ingrediente habitual de nuestra dieta. Entre los compuestos importantes presentes en el huevo entero con demostrado y aceptado valor funcional esta la colina, luteína y zeaxantina. Además también podemos considerar la vitamina E y los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) omega-3, que solo están presentes en cantidades importantes en huevos enriquecidos. Pero más allá del concepto “funcional”, el huevo aporta algunos nutrientes que benefician el estado de salud y bienestar de las personas (5). Los huevos no solo se consumen en forma directa, sino que forman parte de un sin número de preparaciones culinarias del diario

vivir, lo que coayuda a masificar significativamente el respaldo nutricional deseado.

3.2.- Lípidos

3.2.1.-Descripción general

Los lípidos son un grupo de compuestos heterogéneos, que incluyen grasas, aceites, esteroides, ceras y compuestos relacionados más por sus propiedades químicas, tienen la propiedad de ser; relativamente insolubles en agua y solubles en solventes no polares, como éter y cloroformo. Estos se clasifican en: (6,7, 8)

- Lípidos simples. Ésteres de ácidos grasos con diversos alcoholes.
 - Grasas: Ésteres de ácidos grasos con glicerol. Los aceites son grasas en estado líquido.
 - Ceras: Ésteres de ácidos grasos con alcoholes monohidricos de masa molecular relativa (peso molecular) mas alta.
- Lípidos complejos: Ésteres de ácidos grasos que contienen otros componentes además de un alcohol y un ácido graso.
 - Fosfolipidos: Lípidos que contienen, además de ácidos grasos y un alcohol, un residuo ácido fosfórico. A menudo poseen bases que contienen nitrógeno y otros sustituyentes; por ejemplo, en los glicerofosfolípidos el alcohol un glicerol y en los esfingofosfolípidos el alcohol es la esfingosina.
 - Glucolipidos (Glucoesfingolipidos): Lípidos que contienen un ácido graso, esfingosina y carbohidrato.

-Otros lípidos complejos: Lípidos como sulfolípidos y aminolípidos. Las lipoproteínas también pueden colocarse en esta categoría. (5,6,7,8,9)

- Lípidos precursores y derivados: comprenden ácidos grasos, glicerol, esteroides, otros alcoholes, aldehídos grasos, cuerpos cetónicos, hidrocarburos, vitaminas liposolubles y hormonas.

Debido que no contienen carga, los acilgliceroles (glicéridos), el colesterol y los ésteres de colesterol se llaman lípidos neutrales. (5, 6, 7, 8, 9)

3.3.- Ácidos grasos

Los ácidos grasos se encuentran en el cuerpo principalmente como ésteres de grasas y aceites naturales, pero existen en la forma de no ésteres en grasas y aceites naturales. En la forma no esterificada se les encuentra como ácidos grasos libres, una forma que se transporta en el plasma. Los ácidos grasos que se hallan en grasas naturales por lo general contienen un número par de átomos de carbono. La cadena puede ser saturada (que no contienen dobles enlaces) o insaturada (que contiene uno o más dobles enlaces). (6)

Son ácidos orgánicos de cadena larga que poseen generalmente hasta 24 átomos de carbono, tienen un solo grupo carboxilo y una cadena hidrocarbonada apolar, la cual les confiere su naturaleza de insolubles en agua. Casi todos los ácidos grasos poseen un número par de átomos de carbono; ello se debe a que su síntesis biológica tiene lugar mediante la adición sucesiva de unidades de dos átomos de carbono. Sin embargo, también existen ácidos grasos con un número impar de átomos de carbono que probablemente derivan de la metilación de un ácido graso

de cadena par. Los ácidos grasos que poseen 16 y 18 átomos de carbono son los más abundantes (6,10).

El grupo carboxílico de la molécula convierte al ácido graso en un ácido débil (con un pK_a en torno a 4,8). El grupo COOH es capaz de formar puentes de hidrógeno, de forma que los puntos de fusión de los ácidos grasos son mayores que los de sus hidrocarburos correspondientes (6).

Las propiedades químicas de los ácidos grasos derivan, por una parte, de la presencia del grupo carboxilo y, por otra, de la existencia de una cadena hidrocarbonada. La coexistencia de ambos componentes en la misma molécula convierte a los ácidos grasos en moléculas débilmente anfipáticas (el grupo COOH es hidrofílico y la cadena hidrocarbonada es hidrofóbica). El carácter anfipático es tanto mayor cuanto menor es la longitud de la cadena hidrocarbonada. La solubilidad en agua decrece a medida que aumenta la longitud de la cadena (7).

La cadena hidrocarbonada puede hallarse completamente saturada, es decir, contener únicamente enlaces simples (C-C) o poseer insaturaciones, dobles enlaces, en cantidad de uno o más. En la mayoría de los ácidos grasos insaturados, el doble enlace se encuentra entre los átomos 9 y 10. Si existen más dobles enlaces, aparecen normalmente entre el enlace doble en posición 9 y el grupo metilo terminal. Si el ácido graso contiene más de un doble enlace, éstos no se hallarán nunca conjugados (-CH=CH-CH=CH-) sino que se encontrarán separados por un grupo metileno (-CH=CH-CH₂-CH=CH-). (9)

La nomenclatura sistemática de uso más frecuente denomina al ácido graso con base en el hidrocarburo con el mismo nombre y ordenamiento de tomos de

carbono; la **O** final se sustituye por **OICO** (sistema ginebrino). De este modo, los ácidos insaturados terminan en **ENOICO**, por ejemplo, ácido 9-octadecenoico (ácido oleico). Los átomos de carbono se numeran desde el carbono carboxilo (carbono número 1). Los átomos adyacentes al carbono carbonilo (números. 2,3 y 4), también se conocen como los carbonos alpha (α), beta (β) y gama (γ), respectivamente, y el carbono metilo terminal recibe el nombre de carbono omega (ω) o n. (10)

3.3.1.- Nomenclatura ácidos grasos

Entre los lípidos se incluyen grasas y aceites ordinarios, ceras y compuestos relacionados que se encuentran en los alimentos y en el cuerpo humano. En su mayor parte (95%) están compuestos por triacilglicéridos (TG), que contienen una molécula de glicerol (un alcohol) y tres ácidos grasos. Desde el punto de vista químico, los ácidos grasos (AG) son cadenas rectas de hidrocarburos que terminan en un grupo carboxilo en un extremo y en un grupo metilo en el otro. La forma más común de clasificar a los AG es:

- 1) Por su grado de saturación se dividen en saturados e insaturados (monoinsaturados y poliinsaturados).
- 2) Por la longitud de su cadena pueden ser clasificados como de cadena corta (4-6 carbonos), media (8-12 carbonos), larga (14-18 carbonos) o muy larga (20 o más carbonos).

De acuerdo a la posición del primer doble enlace de la cadena, denominado omega, contando a partir del metilo extremo, existen tres familias de AG poliinsaturados Ω -3, Ω -6 y Ω -9. Algunos AG grasos se clasifican como "ácidos

grasos esenciales" (Cuadro 3) porque no pueden ser sintetizados por el cuerpo humano y además son necesarios para funciones vitales, éstos son los de las familias Ω -6 y Ω -3, conocidos comúnmente como omega 6 y omega 3 (11,12).

Cuadro 3. Nomenclatura de los ácidos grasos esenciales (Tomado de Lehninger ¹⁰).			
Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura	Formula
Familia Omega 6			
Linoleico	Cis-9,12 octadecadienoico (LA)	18:2 Ω -6	C ₁₈ H ₃₂ O ₂
γ linolénico	Cis- 6,9, 12- octadecatrienoico	18:3 Ω -6	C ₁₈ H ₃₀ O ₂
Dihomoglinolenico	Cis- 8,11,14-eicosatrienoico	20:3 Ω -6	C ₂₀ H ₃₄ O ₂
Araquidónico (AA)	Cis- 5,8,11,14- eicosatetraenoico	20:4 Ω -6	C ₂₀ H ₃₂ O ₂
Adrénico	Cis-7,10,13,16- docosatetreñoico	22:4 Ω -6	C ₂₂ H ₃₆ O ₂
Osmond	Cis-4,7,10,13,16- docosapentaenoico	22:5 Ω -6	C ₂₂ H ₃₂ O ₂
Familia de Omega 3			
α- linolénico	Cis-9,12,15- octadecatrienoico (ALA)	18:3 Ω -3	C ₁₈ H ₃₀ O ₂
Estearidónico	Cis- 6,9,12,15.octadecatetrae- noico	18:2 Ω -3	C ₂₈ H ₂₈ O ₂
Timnodónico	Cis-5,8,11,14,17- eicosapenaenoico(EPA)	18:2 Ω -3	C ₂₀ H ₃₀ O ₂
Clupanodónico	Cis-,10,13,16,19- docosapentaenoico(DPA)	18:2 Ω -3	C ₂₂ H ₃₄ O ₂
Cervónico	Cis-4,7,10,13,16,19- docosahexanoico(DHA)	18:2 Ω -3	C ₂₂ H ₃₂ O ₂

3.4.- Efectos Benéficos de los AG Omega-3

3.4.1.- Durante la gestación

Los AG Ω -3, son componentes estructurales del cerebro y de la retina durante el desarrollo del feto. Se ha estimado que aproximadamente 600mg de los ácidos grasos esenciales (AGE) son transferidos de la madre al feto durante una gestación a término, en una madre sana. La dieta de la madre antes de la concepción es de gran importancia, ya que determina en parte el tipo de grasas que se acumularán en los tejidos del feto. La placenta transporta selectivamente ácidos araquidónico (AA) y docosahexaenoico (DHA) de la madre al feto. Esto produce un enriquecimiento de estos ácidos grasos en los lípidos circulantes del feto, lo cual es vital durante el tercer trimestre de gestación, que es cuando el desarrollo del sistema nervioso es mayor. Se ha observado un incremento notable en el contenido de DHA en el tejido cerebral durante el tercer trimestre y después del nacimiento (13).

Algunos estudios sugieren que el consumo de pescado y el suplemento con aceite de pescado durante la gestación puede prolongarla, reduce la incidencia de partos prematuros e incrementa el peso al nacimiento. Como en los bebés la capacidad para convertir AGE a ácidos grasos poliinsaturados es muy limitada, las madres gestantes deben tratar de ingerir niveles adecuados de Omega 3 para transferirlos a sus bebés (13).

3.4.2.- Durante el crecimiento

En niños amamantados o alimentados con fórmulas que contienen DHA se ha observado una mejor agudeza visual y una mejor capacidad para responder a la luz, lo cual está asociado con una mejor habilidad cognitiva para integrar información. Se ha observado en ellos un mejor coeficiente intelectual (13).

Hoy se sabe que los AG Ω -3 son esenciales para un crecimiento y desarrollo normal, también juegan un papel muy importante en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades como las que a continuación se señalan.

3.4.3.- Sobre el sistema cardiovascular

Los ácido grasos Omega 3 (AG Ω -3) tienen efectos antitrombóticos y antiarrítmicos, aumentan el tiempo de sangrado evitando la adherencia de plaquetas en las arterias, previenen la aterosclerosis al reducir las concentraciones de colesterol en plasma, son útiles en pacientes hipertensos, ya que contribuyen a bajar la presión sanguínea y reducen la concentración de triglicéridos en plasma, disminuyen el colesterol total y las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) (14,15)

3.4.4.- Sobre el sistema inmunológico como coadyuvantes en el tratamiento de SIDA

El virus de la inmunodeficiencia adquirida (VIA), es capaz de replicarse en muchas de las células humanas, como algunos linfocitos, monocitos/macrófagos y células gliales. Los monocitos/macrófagos son considerados un importante reservorio de VIA in vivo y producen citocinas como la Interleucina-1 (IL1) y factor de necrosis tumoral (FNT). Estas sustancias favorecen la replicación del virus e inducen

secundariamente otras citocinas como la interleucina-6 (IL6) y al factor estimulante de los granulocitos. Estas citocinas son responsables de muchos de los aspectos clínicos de la enfermedad del SIDA, como el dolor de cabeza, fiebre, anorexia, sutiles cambios cognoscitivos, disfunciones motoras y caquexia. La estrategia en el tratamiento del SIDA, implica la combinación de drogas y sustancias que actúan sobre diferentes puntos de la replicación viral y en forma sinérgica, y los AG Ω -3 son considerados como candidatos por sus diversos efectos sobre los sistemas inmunológico y metabólico. (16)

En particular su habilidad para disminuir la producción de IL1 y FNT, lo que a su vez reduce la producción de las otras citocinas y de la IL6 lo que produce efectos benéficos sobre muchas de las manifestaciones clínicas del SIDA ya mencionadas. La revascularización presente en el sarcoma de Kaposi, es debida a la regulación de un delicado equilibrio entre estimuladores e inhibidores de la angiogénesis. Los Ω -3 (EPA) son capaces de suprimir muchos de los factores responsables de la angiogénesis (FNT, IL1) y también tienen un efecto inhibitorio sobre la formación tubular de las células endoteliales vasculares (16).

3.4.5.- Sobre el sistema nervioso

1) Los AG Ω -3 son esenciales para un adecuado desarrollo y funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso. Se concentran en la retina y la corteza cerebral, y tienen la capacidad de corregir problemas visuales y cerebrales en pacientes con deficiencia demostrada. Muchos aspectos de ubicación, ansiedad, habilidad en el

aprendizaje, memoria, función retinal se ven favorecidos con el consumo de los AG Ω -3 (17).

2) Son precursores de compuestos hormonales como los prostanoides (prostaglandinas y tromboxanos), que facilitan la transmisión de mensajes en el sistema nervioso central (14).

3) Cuando existen niveles adecuados de DHA en el cerebro se mejora la actividad cerebral (18).

4) Dos terceras partes de los ácidos grasos de las membranas de los fotorreceptores de la retina son Omega 3 (Ω -3), principalmente DHA (17).

5) Otra relación entre el DHA y la función cerebral, ha sido hallada en el patrón de organización del sueño en los niños. Un bajo consumo de DHA resulta en menos ondas lentas de sueño, que sirven como un indicador de la maduración y desarrollo del sistema nervioso central (SNC) y del cerebro (13).

6) Los Omegas 3 (Ω -3) están relacionados con problemas de depresión y violencia. Se ha demostrado que el DHA dietario, tiene efectos protectores contra un aumento en la hostilidad en estudiantes bajo condiciones de estrés (19).

7) Bajas concentraciones de DHA, son un indicador útil para predecir mayores problemas de conducta en niños a quienes se les ha diagnosticado el síndrome de déficit de atención con hiperactividad (SDAH). Estos problemas, pueden ser un reflejo en parte de los problemas en la neurotransmisión serotoninérgica (19).

3.4.6.- Otras enfermedades sobre las cuales los ácidos grasos Ω -3 tienen efectos benéficos

Diabetes tipo 2, cáncer, colitis ulcerativa, enfermedad de Crohn, obstrucción pulmonar crónica, enfermedades renales, psoriasis, artritis reumatoide (14).

3.5.- Fuentes de ácidos grasos Omega 3 (AG Ω -3) en la Dieta

Las cifras sobre el contenido de grasas totales y AG en la composición química de los alimentos comunes, que se encuentran en las tablas de valor nutritivo o en artículos científicos, son altamente dependientes del método de extracción empleado en el análisis químico. Esto es porque el contenido de grasa puede contener no sólo los triacilglicéridos sino también otros compuestos solubles en los solventes empleados. Los ácidos grasos en este extracto total pueden sobrestimarse y los datos de sus isómeros generalmente se pierden. Se necesitan datos más reales, tanto cuantitativos como cualitativos, de estos AG para una óptima evaluación nutricional de las grasas en los alimentos y en las dietas (20,21).

Las fuentes de AG Ω -3 predominantes en la mayoría de las dietas, son los aceites vegetales y el pescado. A excepción de las dietas del Mediterráneo y las de los esquimales de Alaska y Canadá, cuyas fuentes principales de Ω -3 son los aceites de oliva y pescados y grasas de mamíferos marinos respectivamente. Los pescados son la mayor fuente de EPA y DHA, mientras que los aceites vegetales lo son del ácido alpha-linolénico (conocido como AAL). Otras fuentes de Ω -3 que

contribuyen colectivamente en la dieta son algunas nueces y semillas, vegetales, yema de huevo, pollo y carne de rumiantes y cerdos (11, 14, 22).

3.5.1.- Origen vegetal

Entre los aceites vegetales, el aceite de linaza es considerado como la fuente más rica de **ácido alpha-linolénico** (AAL) (57% de los ácidos grasos totales). La semilla de canola, la soya, el germen de trigo y las nueces contienen entre un 7% y un 13% de AAL. Aunque su contenido graso es bastante bajo. Entre los más usados en la dietas es la linaza, ya que es una buena fuente de grasa vegetal omega-3, fibra dietética y otros nutrientes. Su composición nutricional (Cuadro 4), la distingue de otras oleaginosas importantes como la canola y el girasol. (23,24)

El nombre botánico de la linaza es *Linum usitatissimum* de la familia Linaceae. La linaza es un cultivo floriazul muy versátil. La semilla de linaza de color café que es rica en **AAL**, se produce abundantemente en Canadá. La semilla de linaza de color amarillo puede ser de dos tipos. El primer tipo, es una variedad desarrollada en los EE.UU. denominada Omega, la cual es tan rica en AAL como la linaza café. El segundo tipo es una variedad de linaza totalmente diferente denominada solin, la cual es baja en AAL. (25,26)

Energía metabolizable, Kcal/Kg	3500-4200 harina o pellet
Contenido de proteína, %	22
Fosforo disponible, %	0.17
Ácido linolénico, %	5.0
Fibra Cruda, %	6.0
Metionina , %	0.41
Lisina, %	0.89
Triptofano,%	0.29
Treonina %	0.82

3.5.1.1.- Verduras

El consumo de vegetales frescos o congelados por la población ha aumentado considerablemente desde hace tres décadas. El consumo de vegetales frescos se incrementó un 40% (de 29.07 a 40.73 kg/persona) y el de vegetales congelados, más de 32% (de 6.12 a 8.12 kg). El análisis y evaluación de los lípidos y ácidos grasos vegetales está influenciado por las condiciones de producción, el cultivo, madurez, época, prácticas culturales, procesos, empaque, almacenamiento, procesos analíticos y parte del vegetal analizado. (11,33)

Las plantas (Cuadro 5), son buenas fuentes de ácidos grasos esenciales. Muchas de las plantas terrestres contienen básicamente ácido gama linolénico (Ω -6) y alpha linoleico (AAL) (Ω -3).

Cuadro 5. Contenido de ácidos graso Omega 3 en vegetales (g/100g) (Tomado de Simopoulos ¹⁷).					
	AAL	EPA	DHA		AAL
Vegetales			Legumbres		
Verdolaga	4.05	0.01		Frijoles secos	0.6
Espinaca	0.89			Garbanzo	0.1
Lechuga	0.26		0.001	Chicharos de vaca	0.3
Lechuga roja	0.31		0.002	Lentejas	0.1
Mostaza	0.48		0.001	Frijol lima	0.2
Hojas de cacahuete (g/100g)	49.0		2.2	Chícharo	0.2
Quinoa	8.35			Soya	1.6
Germinado de frijol	0.3			Granos	
Brócoli	0.1			Salvado de cebada	0.3
Coliflor	0.1			Germen de maíz	0.3
Rabano	0.7			Germen de avena	1.4
Espirulina	0.8			Salvado de arroz	0.2
Soya cruda	3.2			Salvad de trigo	0.2
Espinaca	0.1			Germen de trigo	0.7
Soya cocida	2.1			Frutas	
Semillas y nueces				Aguacate	0.1
Almendras	0.4			Frambuesa	0.1
Nueces de haya	1.7			Fresa	0.1
Nuez de mantequilla	8.7				
Chia	3.9				
Linaza	22.8				

La verdolaga (*Portulaca oleracea*), es uno de los vegetales que se consumen intensamente en sopas y ensaladas en Grecia, Islas Griegas, Líbano y otras partes del Mediterráneo, donde la incidencia de enfermedades cardiovasculares y cáncer es baja. Esta planta es la fuente vegetal terrestre más rica en AG Ω -3 examinada hasta ahora, y es la única planta terrestre que contiene AAL Ω -3 + EPA Ω -3 (14).

El mesocarpo o pulpa de las frutas, contiene generalmente muy poca cantidad de material lipídico (0,1-1%) y por lo tanto no constituye una fuente importante de grasa o aceite comestible o industrial. Las pocas excepciones son el aguacate, la palma y el olivo.

Los árboles de nueces son una de las fuentes más viejas de alimento tanto para los humanos como para los animales. Actualmente, la producción mundial es de 1 millón de toneladas. Las nueces son concentradas de aroma, sabor, grasa y proteína y proporcionan aproximadamente 5-6 cal/g. El contenido de grasa en la mayoría de las nueces es alto, la mayoría contiene más de 50% de grasa y todas son altas en ácidos grasos poliinsaturados. Pocas especies (nuez-mantequilla, nogal negro, nogal inglés y nuez de la india) contienen menos del 10% de ácidos grasos saturados. Las nueces de Brasil se caracterizan por un elevado contenido de AAL Ω -3 (47%), al igual que la nuez-mantequilla y el nogal inglés. Algunos hongos también contienen altas concentraciones de Ω -3 (11, 34).

3.5.1.2.- Aceites vegetales

Las grasas y aceites vegetales se obtienen generalmente de las semillas o la capa externa de los frutos (Cuadro 6). El porcentaje de este aceite de reserva varía considerablemente, desde 5% en cereales hasta 68% en el coco. Los ácidos grasos de los aceites de las semillas varían enormemente (11). En los vegetales y por lo tanto en los aceites vegetales, factores como el tipo de cultivo, región agrícola y condiciones climáticas tienen una marcada influencia sobre el contenido de AAL. El contenido de éste ácidos grasos en las plantas varía por época y región.

Cuadro 6. Contenido de AAL en aceites vegetales (g/100g) (Tomado de Wood¹⁸).			
Fuente	AAL (18:3Ω-3)		AAL (18:3Ω-3)
Aceite de linaza	53.3	Grosella blanca	19-20
Aguacate	0.96	Grosella negra	12-14
Ajonjolí	0.3	Grosella roja	29-31
Semilla de algodón	0.2	Maíz	0.7-2.1
Arroz integral	1.6	Mostaza	5.9
Avena	1.79	Nuez	10.4
Canola	9.3-12	Oliva	0.54-0.6
Cártamo	0.4	Palma	0.2
Coco	0.22	Soya	6.8-7.3
Cocoa	0.1	Soya hidrogenada	2.6
Colza	10.9	Soya lecitina	5.1
Girasol	0.09-0.19	Tomate semilla	2.3
Trigo	6.9	Uva semilla	0.1

Como se mencionó, las poblaciones Mediterráneas consumen grandes cantidades de verdolaga, pero también su dieta es rica en aceite de oliva (rico en ácido oleico, que ayuda en la formación de ácidos Ω -3), vegetales y pescado. Se ha informado que el consumo de pescado y aceite de oliva a lo largo de la vida de estas poblaciones puede proporcionar efectos protectores independientes sobre el desarrollo de numerosas enfermedades (35).

3.5.2.- Origen animal

Las fuentes naturales más importantes del Omega 3 se encuentran en el mar, sobre todo en los pescados azules: El más rico y económico en esta grasa poli insaturada es la Sardina; pero también la puede encontrar en las siguientes especies, las cuales enlistamos en orden alfabético: Atún, Anguila, Anchoa, Arenque, Bacalao (sólo cuando está salado porque de otra manera pierde la concentración de grasa) Cazón, Congrio, Róbalo, Pez Espada y Trucha, esta última sólo cuando es de mar. (23)

Los peces incorporan los ácidos grasos poli insaturados (AGPI) como parte de su dieta (algas, zooplancton) y pueden concentrar EPA y DHA en el tejido adiposo, grasa muscular, vísceras y gónadas en forma de triacilgliceroles. La composición y cantidad de los ácidos grasos poli insaturados Omega 3 en los aceites de pescado dependerá de la especie, época del año y lugar geográfico donde se capture. La captura del pescado destinado a la alimentación animal, está sujeta a estrictas cuotas gubernamentales sobre todo en países latinoamericanos. Los principales productores de harina y aceite de pescado son Perú y Chile, este último es uno de

los cinco países que lidera la producción de aceite de pescado para lo cual utiliza anualmente 180 mil toneladas de materia prima. (27)

3.5.2.1.- Aceites de pescado

Los ácidos grasos poli insaturados Ω -3 de origen marino, se forman en el cloroplasto de las plantas marinas, microalgas que forman parte del fitoplancton o macroalgas, que son consumidas por los peces, los cuales concentran EPA y DHA como triacilglicéridos, principalmente en el tejido adiposo y en la grasa del músculo y vísceras (28).

La variación en el contenido de ácidos grasos Ω -3 de los alimentos marinos dependerá de la especie de pescado, lugar y época de captura, así como del proceso industrial al que se someta. El contenido de lípidos en las partes comestibles de los alimentos marinos puede variar desde un poco menos de 0,5% hasta 25%. Desde este punto de vista, los animales marinos se pueden clasificar en cuatro grupos dependiendo de su contenido lipídico: magros (<2% grasa) como mariscos, bacalao; bajos en grasa (2-4%) como el mero; medio grasos (4-8%) como salmón; y altos en grasa (>8%) como sardinas, anchoveta, arenque.

El lugar y época de captura producen grandes cambios en el contenido de Ω -3 del aceite aún cuando se trate del mismo pescado. Conforme la temperatura del agua disminuye, aumenta el grado de insaturación de los AG en los tejidos para compensar la reducción de la fluidez de las membranas debida a la baja temperatura. Lo contrario ocurre en las regiones templadas, donde la temperatura del agua es mayor a 12°C, y el aceite obtenido después de procesar el pescado

puede tener una reducción significativa del contenido de Ω -3. Las condiciones para la conservación del pescado después de la captura y el posterior proceso industrial determinan el contenido final de AG Ω -3 en el aceite (29,30)

Algunos peces, especialmente aquellos de carne roja u oscura, son muy buenas fuentes de EPA y DHA, pero se requieren grandes cantidades para proporcionar una dosis efectiva de Ω -3. El patrón de dieta de los esquimales y el amplio uso de complementos de aceite de pescado sugieren que los Ω -3 marinos son seguros. Dosis de 3-6g de EPA + DHA son seguros y efectivos en la mayoría de los usos clínicos (28). En el Cuadro 7 se presenta la composición de ácidos grasos de aceites de pescado comerciales.

Cuadro 7. Ácidos grasos Omega 3 en aceites de pescados (g/100g) (Tomado de Uauy²⁸).			
Aceite de pescado	20:5 Ω-3	22:6 Ω 3	Ω 3 total
Abadejo	1,0	12.7	7.9
Salmon	1,0	8.8	11.1
MaxEPA, concentrados de cuerpo de pez	17.8	11.6	
Arenque	0.6-16	7.1-9	4.3
Sardina	16	10	
Anchoveta	11	10	
Arenque	5	6	
Hígado bacalao	0.7-11	9-12	9.5
Hígado bacalao (mg/capsula)	173	120	
Capsula (g/capsula)			1.84

Algunos de los suplementos derivados de aceites marinos, contienen 180mg de EPA y 120mg de DHA por cápsula. Los suplementos deben ser tomados con precaución debido a las elevadas cantidades de vitaminas A y D que contienen. Una fuente vegetal de DHA (100mg/cápsula) obtenido de algas está disponible ahora en el mercado estadounidense.

3.5.2.2.-Pescados y mariscos

Los pescados y mariscos son sin duda la fuente más abundante de ácidos grasos Ω -3, que están contenidos en cantidades significativas en aquellos de aguas frías. Una explicación para la alta variación en el consumo de Ω -3 es la variación en la cantidad de ácidos grasos Ω -3 del pescado. Estas se deben a la dieta, localidad, etapa de maduración, sexo y tamaño del pescado, así como a la época y temperatura del agua, y a los métodos de enlatado y de preparación empleados. La composición lipídica será diferente en pescados provenientes de la acuicultura y de los de las pesquerías, ya que existen diferencias en los nutrimentos de sus dietas (31).

Por otra parte, los mamíferos marinos, como ballenas, delfines y focas, no constituyen una fuente cotidiana de alimento excepto sólo para algunas comunidades.

3.5.2.3.- El papel de los alimentos marinos en la dieta

Los alimentos marinos y los nutrimentos que proporcionan han tenido un papel crucial en la evolución del Homo sapiens, y se ha acumulado evidencia de que la

relevancia de estos alimentos en la sociedad humana moderna es muy grande. La presencia de los alimentos marinos con cadenas de ácidos grasos Ω -3 los hacen muy importantes en la nutrición humana. Expertos en la evolución de mamíferos, han propuesto la hipótesis de que el desarrollo del cerebro en las diferentes especies de mamíferos depende en parte de los Ω -3 de la dieta que estos organismos hayan consumido a lo largo del tiempo (32). Así, aquellas especies con un buen acceso a los Ω -3, hipotéticamente, han desarrollado un cerebro y sistema nervioso más grande y complejo, el cual los habilitó para competir más eficientemente con otras especies menos desarrolladas. Las primeras civilizaciones de las que se tiene conocimiento se asentaron en lugares cercanos a cuerpos de agua, lo que proporcionó un rico abasto de ácidos grasos Ω -3. Hay evidencias de que existe relación entre el DHA proveniente de la dieta y los niveles de DHA del cerebro (32).

En el ámbito mundial, el consumo de pescado ha disminuido desde los años 50 y los hábitos alimenticios han cambiado, favoreciendo el consumo de pescado blanco bajo en grasas sobre los pescados grasos. Por ello, el consumo de ácidos grasos Ω -3 proveniente del pescado ha disminuido. Esto podría no ser importante, dado que los humanos tienen la capacidad de convertir el AAL que se encuentra en los vegetales verdes y ciertos aceites vegetales en EPA y DHA, pero este proceso de conversión no es muy eficiente y está sujeto a una inhibición competitiva por parte de los ácidos grasos Ω -6 (32).

En un período evolutivo se estimó un consumo de Ω -3 y Ω -6 con una relación 1:1. En tal situación, no es irracional esperar que el AAL pudo ser convertido a EPA y DHA. Las dietas modernas proporcionan 7, 8 o 10 veces más Ω -6 que Ω -3 y a estos niveles es concebible que la conversión del AAL no ocurre a un nivel adecuado. Así, el abasto de DHA disponible para mantener los niveles del cerebro puede ser inadecuado, contribuyendo a incrementar la prevalencia de problemas de comportamiento como esquizofrenia y extra-agresión (32,31).

En las Cuadros 8, 9 y 10 se presentan el contenido de ácidos grasos Ω -3 en pescados y crustáceos, moluscos y mamíferos marinos.

Cuadro 8.- Ácidos grasos Omega 3 en pescados y crustáceos crudos (g/100g porción comestible) (Tomado de Chow¹¹).

Pescado	AAL	EPA	DHA
Abadejo	-	0.1	0.4
Anchoas europeas	-	0.5	0.9
Anguila europea	0.7	0.1	0.1
Arenque atlántico	0.1	0.7	0.9
Arenque pacífico	0.1	0.1	0.7
Atun albacora	0.2	0.3	0.1
Bacalao atlántico	-	0.1	0.2
Bacalao pacífico	-	0.1	0.1
Bagre café	0.1	0.2	0.2
Carpa	0.3	0.2	0.1
Cazón	0.1	0.7	1.2
Esturion común	0.1	0.2	0.1
Huachinango	-	-	0.2
Lenguado de cola amarilla	-	0.1	0.1
Lobina de agua dulce	-	0.1	0.2
Crustáceos			
Camaron blanco atlántico	-	0.2	0.2
Camaron de norte	-	0.3	0.2
Camaron kumura	-	0.3	0.2
Cangrejo reina	-	0.2	0.1
Langosta sureña	-	0.2	0.1
Langosta europea	-	0.1	0.1

Cuadro 9. Ácidos graso Omega 3 en moluscos (g/100g) (Tomado de Chow¹¹).			
	AAL	EPA	DHA
Almeja de concha blanda	TR	0.2	0.2
Almeja de cuello angosto	TR	-	-
Almeja de surf	TR	0.1	0.1
Almeja japonesa	-	0.1	0.1
Almeja de concha dura	TR	TR	TR
Almeja de río	-	TR	TR
Calamar de aleta corta	TR	0.2	0.4
Calamar del atlántico	TR	0.1	0.3
Caracola	TR	0.6	0.4
Litorina caracolillo común	0.2	0.5	-
Mejillón azul	TR	0.2	0.3
Mejillón de mediterráneo	-	0.1	0.1
Ostión del pacífico	TR	0.4	0.2
Ostión europeo	0.1	0.3	0.2
Ostra oriental	TR	0.2	0.2
Pulpo común	-	0.1	0.1
Venera calicó	TR	0.1	0.1
TR= trazas (menos de 0.05 g por 100 de alimento)			

Cuadro 10.- Ácidos grasos omega 3 en algunos mamíferos marinos (Tomado de Mahan³⁸).					
	EPA	DHA	24:4 Ω -3	24:5 Ω -3	24:6 Ω -3
Delfin g/100g	< 0.05	0.1	-	-	-
Ringe seal	-	-	0.1	0.1-0.2	0.1
Capsulas de aceite de foca	1.3g/capsula				

3.6.- Productos enriquecidos con ácidos grasos Ω -3

Con base en el conocimiento de los efectos de la dieta sobre la cantidad de ácidos grasos Ω -3 en los productos animales, muchos investigadores manipulan la alimentación animal para incrementar el contenido de Ω -3 en el huevo, leche y carne. Los alimentos de origen animal enriquecidos con algas, harinas de pescado o aceites de pescado incrementan las concentraciones de EPA y DHA en los tejidos (por ej. músculo y yema de huevo). Al alimentar animales con dietas ricas en linaza o aceite de linaza, que son buenas fuentes de AAL, se obtiene como resultado un incremento de éste ácidos grasos en los huevos, leche, carne de cerdo, pollo y res. Los mayores obstáculos para esta tecnología es la tendencia de los ácidos grasos a oxidarse, produciendo sabores desagradables en los productos, así como el gasto de añadir fuentes de Ω -3 y antioxidantes (36).

Las prácticas de producción animal, particularmente la composición de los nutrimentos de la dieta, pueden cambiar el perfil de los ácidos grasos de la carne, la leche y los huevos. Por ejemplo, en el músculo y tejido adiposo de un cerdo

silvestre y uno doméstico, el ácido linoleico comprende 32% y 10% del total de AG, respectivamente; y el ácido araquidónico comprende 8,5% y 0,4%, respectivamente. Existen muchos productos en el mercado (alimentos funcionales), que han sido enriquecidos con AG Ω -3. Tal es el caso de huevo, aceites, productos de panadería, leche, fórmulas infantiles, mayonesas, margarinas y aderezos, carne y productos avícolas, pescados cultivados.

3.6.1.- Aceites

Los avances tecnológicos para el aceite refinado, han hecho posible que el aceite de pescado pueda incorporarse en los aceites vegetales que se emplean en la preparación de una amplia variedad de alimentos, incluyendo el pescado enlatado (atún, sardina, salmón). Sin embargo, los alimentos enriquecidos con elevadas cantidades de EPA y DHA a veces imparten aroma y sabor a pescado. Esto hace que estos productos sean susceptibles de oxidación, por lo que actualmente se realizan numerosos esfuerzos para estabilizar la oxidación durante el procesamiento, cocinado y almacenaje de los mismos. (36)

3.6.2.- Productos de panadería

La harina de linaza y los aceites de pescado encapsulados son empleados en productos de panadería. El enriquecimiento de casi todos los alimentos con ácidos grasos Ω -3 es posible por microencapsulación; pan, cereales, pasta, bisquets y galletas, pasteles, harinas para panadería, frutas en barra, polvos dietéticos, jugos de frutas y formulas infantiles.

3.6.3.- Fórmulas infantiles

La leche humana contiene AA, DHA y EPA, mientras que esto no ocurre en las fórmulas infantiles basadas en la leche de vaca. En Europa, éstas fórmulas son ahora enriquecidas con AA y DHA provenientes de varias fuentes. Los valores de AAL reportados para dos marcas comerciales en los EEUU fueron: Enfamil (Mead Johnson) 1,65% y Similac (Ross Lab.) 4,91-4,96%. En algunos países de Latinoamérica (Argentina, Brasil y Venezuela), ya existe leche enriquecida (marca Parmalat). Tanto aceites como harinas enriquecidas con EPA o DHA (producidas por micro encapsulación) están disponibles para la nutrición infantil (36).

3.6.4.- Leche

Algunas investigaciones, muestran resultados prometedores al incrementar el DHA en la leche de vaca. La composición de los lípidos de la leche, es muy variable y depende de la composición de los lípidos y de las proporciones relativas de lípidos e hidratos de carbono en la dieta.

Cambios en la composición de ácidos grasos de la dieta se demuestran por el incremento en la proporción de ácidos grasos poli insaturados en la leche de mujeres americanas; desde cerca de 8% en 1959, cuando las grasas animales eran la principal fuente de grasa para cocinar, hasta cerca de 16% en 1977, cuando el aceite de maíz sustituyó por mucho a estas grasa en la cocina (37)

En un ejemplo de cruce-cultural, las mujeres de Nigeria, quienes consumen grandes cantidades de pescado, tuvieron una proporción mucho mayor de ácidos grasos de las series Ω -3 que las mujeres europeas. Las alteraciones en la

composición de ácidos grasos en la leche ocurren rápidamente, cuando un cambio de la composición lipídica de la dieta se ha dado, con ajustes de 24 hr. (37)

Un factor materno que puede alterar el contenido lipídico de la leche de la mujer, es el contenido de grasa corporal. Los lípidos de la leche o la densidad calórica fueron inversamente relacionada a la grasa corporal materna, particularmente en mujeres con poca leche. Se desconoce el mecanismo de este efecto, pero se especula que está relacionado con la capacidad disminuida para movilizar los lípidos almacenados durante la etapa de ayuno. (37)

La concentración de DHA en la leche materna puede aumentarse a través del consumo materno de pescado y aceites de pescado, pero los niveles de EPA no varían mucho. Otros productos lácteos que han sido enriquecidos también con ácidos grasos Ω -3 son los diferentes tipos de quesos.

Mayonesas, margarinas y aderezos para ensalada. Aceites de pescado hidrogenados y aceites de canola se emplean en la preparación de estos alimentos, lo cual enriquece su contenido de ácidos grasos Ω -3.

3.6.5.- Carnes y productos cárnicos

Está bien establecido que la composición de ácidos grasos en los tejidos de los no rumiantes, especialmente tejido adiposo, tiende a reflejar la composición de su dieta, mientras que la composición de ácidos grasos de los tejidos de los rumiantes está menos afectada por la composición de los lípidos de la dieta. En los rumiantes la acción microbiana del rumen determina en gran proporción el tipo de ácidos grasos disponibles para el animal (38).

Aunque la carne de cerdo y otras carnes proporcionan cantidades significativas de muchos nutrimentos valiosos para la dieta humana, también son una fuente de grasa y colesterol. Durante los pasados 50 años, los productores de cerdos han reducido la cantidad de grasa en los cerdos, contribuyendo a crear productos de cerdo bajos en grasa. Los resultados de un estudio con relación al contenido de AAL fueron 0,3% en grasa de puerco, 0,4% en grasa de pollo y 0,3% en piel de pollo (39).

La producción comercial de carne enriquecida con ácidos grasos Ω -3, no tendrá éxito hasta que se logren disminuir los procesos de oxidación, los costos y el grado de biodegradación de ácidos grasos Ω -3 por los rumiantes como vacas y borregos (39).

3.6.6.- Huevo

De los productos animales enriquecidos con ácidos grasos Ω -3, los huevos son los más comúnmente disponibles en el mercado. La compañía Eggland's Best, Inc. (EEUU), comercializa huevos de calidad premium bajo el nombre de Eggland's Best (EB). Estos huevos tienen 7 veces el nivel genérico de vitamina E, cerca de 3 veces más de ácidos grasos Ω -3 y yodo, y 25% menos de grasa saturadas en comparación con un huevo regular. Estudios clínicos indicaron que la gente que consume 12 huevos EB por semana, como parte de una dieta baja en grasa, no incrementa su nivel de colesterol (40, 41).

Por otro lado, las dietas de las aves son enriquecidas con harinas de pescado, linaza y DHA de algas (Omega Protein,). Estos huevos (también conocidos como

huevos griegos) tienen una relación Ω -6/ Ω -3 baja y elevadas concentraciones de EPA, DPA y DHA. Su contenido total de Ω -3 es de 17,87mg/g, mientras que un huevo comercial de los Estados Unidos tiene sólo 1,74mg/g. Por otra parte, una cápsula de aceite de pescado tiene 300mg. La relación Ω -6/ Ω -3 en el huevo griego es de 1,3 y en el comercial es de 19,4 (14, 41, 42).

Un estudio realizado en Argentina sobre la composición de ácidos grasos en huevos comerciales sin enriquecer reporta un contenido AAL de 0,07g/100g de porción comestible en huevo de gallina, y de 0,01g/100g en huevo de codorniz. Otro estudio informa, en yema de huevo, una concentración de AAL de 0,16-0,17%, y de DHA de 0,27-0,28% (43,44)

3.7.- Microalgas

Las microalgas del género de los *Thraustochytridos* fueron ubicadas en la familia *Thraustochytriaceae* del orden *Thraustochytriales*. Los géneros en la familia *Thraustochytriaceae* son *Althornia*, *Schizochytrium*, *Thraustochytrium*, *Ulkenia*, *Diplophrys*, *Japonochytrium* y *Elina* (45).

Estos microorganismos son capaces de acumular la mitad del peso de su cuerpo como ácidos grasos poliinsaturados Ω -3, el que se almacena en las paredes y membranas celulares y constituye material de reserva en forma de triacilgliceroles (8). Se encuentran en todos los ambientes marinos hasta ahora estudiados y pueden representar hasta 30% de la biomasa presente en una muestra de agua marina (19), por lo que su incidencia en la trama trófica marina es significativa. Especies de *Schizochytrium sp*, se han encontrado asociadas a animales marinos,

presumiblemente en una relación mutualista o de huésped ya que no hay evidencia de producción de toxinas (46,47, 48).

Estos microorganismos pueden utilizar, para su crecimiento bajo condiciones controladas, un amplio espectro de fuentes de carbono (glucosa, fructosa, sacarosa, lactosa, maltosa, almidón, glicerol, aceite de oliva y linaza) y nitrógeno [extracto de levadura, licor de maíz, polipeptona, triptona, sulfato de amonio, acetato de amonio, nitrato de amonio, nitrato de sodio y urea (49). Sin embargo, tanto la cantidad de biomasa como el rendimiento de ácidos grasos, especialmente DHA, dependen de la composición del medio de cultivo. Por ejemplo, el uso de residuos del proceso de producción de leche de soya (52% hidratos de carbono, 27% proteínas y 12% lípidos; 47% C y 4,5% N) se corresponde con concentraciones de biomasa (aproximadamente 7,5 g/L) comparables a las obtenidas en medios con glucosa (60 g/L), extracto de levadura (10 g/L) (50). No obstante, el contenido de DHA en la biomasa crecida en el residuo como única fuente de C y N, fue de hasta 2 ordenes de magnitud inferior. Estos resultados parecen indicar que no solo la razón C: N determina la producción de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) por distintas cepas de estos microorganismos, sino que también la naturaleza de fuente de carbono es importante. Los mejores rendimientos se han obtenido con fuentes fácilmente metabolizables, como la glucosa (49).

En diversas patentes se detalla el cultivo de cepas de *Thraustochytrium*, *Schizochytrium* y *Ulkenia* para la producción de alimentos que contienen AGPI Ω -3

destinados a la acuicultura, elaboración de aditivos para la producción de huevo y formulación de alimentos infantiles, la obtención de DHA y/o DPA. (51)

3.8.- El ácido docosahexaenoico (DHA)

El DHA (ácido docosahexanoico) es un ácido graso omega 3 poliinsaturado, de cadena larga (22:6 n-3), que está presente en todos los tejidos del organismo y que se presenta de forma natural en forma de triacilglicerol (TAG) (52).

El DHA es un importante elemento estructural y funcional de todas las membranas de las células que componen la retina ocular, por lo que juega un destacado papel en la agudeza visual (53). Entre el 30 y 40% de los ácidos grasos en los fotorreceptores de la retina el ojo humano es ácido docosahexanoico (DHA). (54)

Sus altas concentraciones en la retina, la cual posee un eficiente mecanismo de conservación y reciclado del mismo lo que le ayuda a preservar las concentraciones de DHA. Incluso en periodos en los que la entrada del ácido graso a través de la dieta es baja. Además, el DHA proporciona a la membrana propiedades que permiten a las proteínas fototransductoras difundir rápidamente a través de la bicapa lipídica de las membranas (55, 56)

En los fetos y los infantes, es necesario para el desarrollo y madurez de los ojos, en donde constituyen hasta 80% de los ácidos grasos poliinsaturados totales del cerebro y sistema nervioso. Numerosos estudios realizados con niños nacidos prematuramente y no prematuros sometidos a dietas ricas o pobres en DHA o alimentados con leche materna llevaron a la conclusión, de que los niños prematuros alimentados con leche materna o con una dieta suplementada con DHA alcanzaban posteriormente coeficientes de inteligencia medios más altos que

aquellos niños que habían recibido una alimentación deficiente en DHA. Las autopsias de niños nacidos prematuramente alimentados con dietas de bajo contenido en DHA indicaban contenidos en DHA en cerebro más bajos que los de aquellos que habían sido alimentados con DHA (57). Ya que los niños prematuros pierden su aporte de DHA a través de la placenta y presentan un mayor riesgo de sufrir déficits neuronales, tales como dificultades en el aprendizaje, problemas sociales y de comportamiento y un nivel de IQ más bajo

Los análisis de contenido en DHA de la leche materna, se correlacionan bastante bien con la ingestión de DHA en la dieta de la madre. Se encuentran niveles bajos de DHA en poblaciones occidentales como la de Estados Unidos y niveles muy altos en madres que se alimentan con dietas a base de pescado marino en China. La dieta materna, es pues un factor de una importancia crucial en la composición de ácidos grasos de la leche materna. Las diferencias observadas entre diferentes leches maternas de diferentes países se deben principalmente a los alimentos que se ingieren en cada país (58, 59, 60).

La velocidad con que la dieta influye en la composición de la leche materna, varía con los diferentes ácidos grasos. Para el AAL los máximos se alcanzan a las 10 h de la ingestión, mientras que para el EPA tardan 14 h en alcanzarse dichos máximos y para el DHA 24 h (61).

Se ha propuesto que el DHA podría tener un efecto antiapoptótico en las neuronas, es necesario para mantener la función cerebral en adultos. Se sabe que los fosfolípidos de las membranas neuronales retienen el DHA (63). En cambio, las células astrogiales, que contribuyen a la supervivencia neuronal, liberan

ácidos grasos fácilmente. Esto sugiere que el DHA podría estar actuando de alguna manera como un factor trófico que posibilite la supervivencia de las neuronas. (62)

3.8.1.- Mecanismo de acción de DHA

La capacidad de bajar los niveles de triglicéridos resulta de la combinación de los efectos de inhibición de la lipogénesis y de la estimulación de la oxidación de los ácidos grasos. La oxidación de EPA ocurre principalmente en la mitocondria, mientras que la oxidación de los ácidos grasos de DHA ocurre en los peroxisomas. El DHA en forma de triacilglicerol después de la ingestión y vía lipasas se convierte en monoglicéridos y ácidos grasos. (62)

Una vez formados, son absorbidos por los enterocitos. En los enterocitos se reúnen los triacilglicéridos que son unidos con fosfolípidos, colesterol, y apoproteínas a quilomicrones. Los quilomicrones se liberan en el sistema linfático y desde ahí son transportados a la circulación sistémica. En la circulación, los quilomicrones son degradados por la lipoproteína lipasa y los ácidos grasos, incluyendo el DHA, son pasados al tejido endotelial. El DHA es transportado vía circulación a varios tejidos en el organismo donde es utilizado para la síntesis de fosfolípidos, estos fosfolípidos se incorporan a las membranas celulares de los hematíes, plaquetas y células del cerebro y retina. El DHA es preferido por el cerebro a otros tipos de ácidos grasos. Durante el desarrollo fetal, el DHA se transporta de forma preferente a través de la placenta a la circulación fetal. Cerca del 10% del DHA se reconvierte en ácido eicosapentanoico (EPA). (61)

3.9- Digestión y absorción de las grasas en las aves

El metabolismo de las grasas es un proceso en el que los ácidos se convierten y se usan para la energía, la producción de huevo y almacenamiento como grasa corporal. A diferencia de otros nutrientes, la grasa no se secreta en su forma original o como subproducto. Los excesos solo pueden depositarse en las células grasas (64). La digestión representa los procesos físicos y químicos que ocurren en el tubo gastrointestinal, donde las moléculas grandes y complejas se transforman en pequeñas moléculas que pueden ser absorbidas y usadas por el ave. La digestión de los ácidos grasos depende de diferentes factores como, la longitud de la cadena y el grado de saturación. (65)

La digestión y absorción de la grasas en el ave, ocurren en el intestino delgado principalmente en el duodeno. Aquí la grasa se emulsiona debido a la acción de las sales biliares liberadas; la grasa emulsionada está formada por agregados esféricos de 200nm a 500nm de diámetro, constituidos por lípidos polares (fosfolípidos, glicolípidos y monoglicéridos), debido a la presencia de ácidos grasos, sales biliares y aminoácidos en el duodeno que estimula la secreción de hormonas intestinales como la Colesistoquinina (CCK) que produce la contracción de la vesícula biliar y la secreción de jugo pancreático. Los movimientos del tubo digestivo, junto con el efecto detergente de las sales biliares, rompen los glóbulos de grasa aumentando la superficie de contacto entre la grasa y las lipasas pancreáticas encargadas de su hidrólisis (65,68).

La lipasa pancreática hidroliza al triglicérido en la posición 1 y 3. Los productos de la hidrólisis son fundamentalmente triglicéridos, ácidos grasos libres y monoglicéridos ocupando el ácido la posición 2, formando micelas para ser absorbidas en el yeyuno por difusión pasiva en la mucosa intestinal. Una vez dentro de las células de la mucosa las micelas se esterifican nuevamente y junto con el colesterol libre y esterificado, las lipoproteínas y los fosfolípidos, se agrupan en quilomicrones. En las aves, a diferencia de los mamíferos, las lipoproteínas ricas en triglicéridos resintetizados se absorben directamente al sistema sanguíneo portal hacia el hígado (66).

Una vez absorbidos los ácidos grasos y los monoglicéridos, se reesterifican mediante la acción de la enzima acil-CoA ligasa que se encuentra en el retículo endoplásmico de las células de la mucosa intestinal. Los ácidos grasos son transportados en el citoplasma unidos a la albúmina, perdiendo su potencial de carácter tóxico para la célula (70).

Una vez reesterificados los triglicéridos, se mueven hacia el aparato de Golgi, donde el colesterol, proteínas y fosfolípidos son añadidos formando partículas denominadas lipoproteínas, las cuales son el vehículo de transporte de las grasas en la sangre. Las lipoproteínas sintetizadas en las células del intestino, se llaman portamicrones debido a que son transportadas a través de la vena porta hasta el hígado, el órgano más importante en la síntesis de ácidos grasos y triglicéridos en las aves, una vez sintetizados los triglicéridos son incorporados a lipoproteínas mediante un proceso similar al que ocurre en la pared intestinal. Estas lipoproteínas tienen muy baja densidad y se les denomina lipoproteínas de muy

baja densidad (VLDL). Las VLDL son las lipoproteínas cuantitativamente más importantes en las aves, y en partículas, en gallina ponedora, pues son el vehículo de transporte de las grasas entre el hígado y los tejidos extrahepáticos, por ejemplo el ovario en donde son utilizados para la formación de la yema de huevo. Los lípidos no utilizados en el hígado y no incorporados a la yema se utilizan en otros tejidos como el corazón y músculo o son almacenados en el tejido adiposo (67,69, 70).

3.9.1.- Incorporación de las grasas en la yema del huevo

Una gallina en máxima producción excreta diariamente unos 6 g de grasa a través de la yema. El esfuerzo metabólico requerido para mantener el suministro de grasa para la formación de la yema se consigue mediante un organizado sistema de transporte y síntesis (72). Las aves pueden sintetizar ácidos grasos de hasta 18 átomos de carbono e introducir dobles enlaces en las posiciones 7 o 9 de la cadena carbonada (contando a partir del grupo metilo), mediante la acción de un enzima denominada $\Delta 9$ desaturasa, dando lugar a las familias del ácido palmitoleico (n-7) y del oleico (n-9). Sin embargo, los animales no poseen enzimas capaces de insertar dobles enlaces entre el carbono 9 y el grupo metilo terminal por lo que los ácidos grasos con dobles enlaces en esa región son necesarios en la dieta y se denominan ácidos grasos esenciales. El ácido graso esencial más característico es el linoleico (C18:2 n-6), precursor de la familia n-6 de ácidos grasos poliinsaturados. Actualmente también se considera esencial el α -linolénico (C18:3 n-3) prototipo de la familia n-3 de ácidos grasos poliinsaturados. (72,70)

Durante el metabolismo normal se producen interconversiones entre ácidos grasos mediante desaturaciones y elongaciones. Estas reacciones tienen lugar siempre en el grupo carboxilo permaneciendo el otro extremo de la molécula inalterado, por lo que los ácidos grasos poliinsaturados de las familias Ω -6 y Ω -3 son independientes y no intercambiables. Ambas familias son modificadas por los mismos complejos enzimáticos, por lo que los productos finales dependen de la afinidad de las Δ 4, Δ 5 y Δ 6 desaturasas por sus sustratos y la competición o inhibición entre los sustratos de las diferentes familias, la enzima Δ 6 desaturasa, limitante en la conversión de linoleico y α -linolénico a ácidos grasos poliinsaturados, tiene el siguiente rango de preferencia de sustratos: linolénico>linoleico>oleico. Los lípidos de la yema no son sintetizados en el ovario sino en el hígado. De hecho, más del 95 % de la síntesis de ácidos grasos tiene lugar en este órgano. Una vez sintetizados, los triglicéridos son incorporados a lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) que serán el vehículo de transporte de las grasas entre el hígado y tejidos extrahepáticos tal como el ovario (66). Las lipoproteínas (VLDL) del plasma se incorporan a los oocitos por endocitosis mediada por receptores específicos de la membrana celular. Para que estas lipoproteínas de la yema se sinteticen en el hígado, se precisa la acción de los estrógenos sexuales. Al comienzo de la puesta se incrementa el peso y contenido lipídico del hígado, así como la concentración lipídica en sangre como consecuencia de la acumulación de lipoproteínas de muy baja densidad ricas en triglicéridos. El ovario no está involucrado en ningún aspecto del metabolismo de

los ácidos grasos, salvo la transferencia de lípidos del plasma a la yema (71). Por tanto, la transferencia es directa y la composición de ácidos grasos es similar. Debido al proceso de formación, la composición de los lípidos de la yema depende en gran parte de la composición de la ración. Por tanto, podemos modificar la composición lipídica de la yema manipulando la alimentación (70).

4.- Justificación

Hoy en día para la relación entre la alimentación y la salud humana se han buscado alternativas para prevenir enfermedades y mantener a la población con una calidad de vida aceptable. En México y en otros países del mundo, se detecta una alta mortalidad por problemas cardiovasculares (73). Por lo anterior, se han modificado los alimentos de origen animal para prevenir dichas enfermedades. Con esto surge con fuerza el concepto de “alimentos nutraceúticos”. Estos alimentos son productos que contienen nutrientes que por lo general son de bajo consumo, pero con reconocidos beneficios para la salud de la población. (74). Entre los productos de origen animal en los cuales se han hecho muchas investigaciones son el huevo y la carne de pollo, ya que son dos de los alimentos de mayor consumo por su excelente valor nutritivo, por su precio que los hace muy accesibles a toda la población y por su versatilidad para ser preparado en diferentes formas (1). Se han empleado como vehículos para llegar a los consumidores nutrimentos tan importantes por su calidad, como son los ácidos grasos Omega 3, estos se han incorporado en la dieta de las aves mediante ingredientes ricos en estos ácidos grasos.

5.- Hipótesis

1. La adición de DHA Gold en la dieta de gallina Bovans White, proveniente de un liofilizado de microalgas *Schizochytrium sp* es una fuente importante de Omega 3 en la yema de huevo.
2. La adición de DHA en la dieta de gallina Bovans White, proveniente de un liofilizado de microalgas *Schizochytrium sp* no afecta los parámetros productivos (porcentaje de postura, peso de huevo, masa de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia).
3. La adición de DHA en la dieta, no interfiere en la calidad de huevo interna (color y unidades Haugh) y externa (grosor de cascarón y peso de cascarón).
4. La adición de microalgas *Schizochytrium sp* en la dieta de gallina incrementa la cantidad de colesterol, ácidos Omega 3 y vitamina E en el huevo.

6.- Objetivo general

Evaluar el comportamiento productivo y calidad del huevo de gallinas de postura de Bovans White, adicionando DHA proveniente de un liofilizado de microalgas *Schizochytrium sp* como fuente de ácidos grasos Omega 3.

6.1.- Objetivos particulares

- Medir los parámetros productivos (porcentaje de postura, peso de huevo, masa de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia) de gallinas ponedoras, al adicionar DHA proveniente de un liofilizado de microalgas *Schizochytrium sp* en la dieta.
- Medir la calidad interna del huevo (color y unidades Haugh) y la calidad externa (grosor de cascarón y peso de cascarón). Contenido de ácidos Omega 3 en la yema de huevo, adicionando DHA proveniente de un liofilizado de microalgas *Schizochytrium sp*.
- Determinar el análisis químico proximal del huevo al adicionar DHA en la dieta de gallina Bovans White, proveniente de un liofilizado de microalgas *Schizochytrium sp*
- Evaluar sensorialmente el color de la yema y el sabor del huevo, de las gallinas ponedoras, al adicionar el DHA proveniente de un liofilizado de microalgas *Schizochytrium sp* en la dieta.
- Determinar la concentración de ácidos grasos Omega 3 (DHA), colesterol y vitamina E en huevo al adicionar DHA proveniente de un liofilizado de microalgas *Schizochytrium sp*.

7.- Material y Métodos

La investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.Av) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual se localiza en la calle de Salvador Díaz Mirón # 89 en la Colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tláhuac, Distrito Federal a una altura de 2250 msnm, entre los paralelos 19°15' latitud Oeste. Bajo condiciones de clima templado húmedo Cw, siendo Enero el mes más frío y Mayo el más caluroso, su temperatura promedio anual es de 16°C y una precipitación pluvial anual media de 747 mm. Los análisis de Omega 3 (DHA) se llevaron al cabo en el Departamento de Nutrición Animal. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubiran Vasco de Quiroga Num. 15. 14000 Del. Tlalpan. México, D.F. (75)

En el experimento se utilizaron 420 gallinas blancas ligeras de la estirpe Bovans de 70 semanas de edad y 50 semanas de producción. Las aves se alimentaron con dietas con base en sorgo + pasta de soya que aparecen en los Cuadros 11y 12 (76)

Los tratamientos experimentales, consistieron como se señala a continuación:

1. Sorgo + soya dieta basal
2. Como T1+ Microalgas (DHA Gold) 0.7%
3. Como T1+ Microalgas 1.2%
4. Como T1+ 3 % harina de linaza integral
5. Como T1+ 1.5% aceite de pescado de sardina.
6. Como T1+ 3 % harina de linaza integral + Microalgas 0.7%
7. Como T1+ 1.5% aceite de pescado + Microalgas 0.7%

*Liofilizado de microalgas *Schizochytrium sp* (DHA Gold)

Cuadro 11. Análisis calculado de nutrimentos en dietas experimentales							
	Testigo	Microalgas 0.7%	Microalgas 1.2%	H. linaza Integral 3%	Aceite pescado 1.5%	H. linaza+ Microalgas 0.7 %	A. pescado+ Microalgas 0.7 %
Proteína cruda %	16.44	16.44	16.44	16.44	16.44	16.44	16.44
EM aves (Kcal/kg)	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900	2,900
Lisina %	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Met-Cistina %	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Treonina %	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Calcio total %	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20	4.20
Fosforo (disp) %	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38

Cuadro 12. Composición de las dietas experimentales (Continúa)							
Ingrediente	Testigo	Microal- gas 0.7%	Microal- gas 1.2%	H. Linaza 3%	A. Pescado 1.5%	H.Linaza+ Microalgas 0.7 %	A.pescado+ Microalgas 0.7 %
Sorgo	608.6	601.6	596.6	592.4	608.6	585.4	601.6
Pasta de soya	224.6	224.6	224.6	213.9	224.6	213.9	224.6
Linaza integral				30		30	
Carbonato de calcio	106.7	106.7	106.7	106.6	106.7	106.6	106.7
Aceite vegetal	39.9	39.9	39.9	37.0	24.9	37.0	24.9
Aceite de pescado					15.00		15.00
Microalgas		7.00	12.00			7.00	7.00
Fosfato de calcio	8.41	8.41	8.41	8.29	8.41	8.29	8.41
Sal	4.40	4.40	4.40	4.34	4.40	4.34	4.40
DL- Metionina	2.16	2.16	2.16	2.09	2.16	2.09	2.16
Premezcla de vitaminas *	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
Premezcla de minerales **	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
Pigmento Tagetes amarillo	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
L-lisina HCl	1.20	1.20	1.20	1.29	1.20	1.29	1.20
L-Treonina	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Cloruro de colina 60%	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
Pigmento rojo Capsicum	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
Bacitracina Zinc	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Fitasa	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Antioxidante	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Total (kg)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Costo de dieta	\$5,055	\$7,042	\$8,461	\$5,475	\$5,025	\$7,461	\$7,012
<p>*Proporciona: Vitamina A 10,000 KUI; Vitamina D3 2,500 KUI; Vitamina E 10 KUI; Vitamina K 2.5g; Tiamina 1.6g; Riboflavina 5 g; Cianocobalamina 0.010 g, Ácido Fólico 0.50 g; Piridoxina 1.5 g; Pantotenato de calcio 10 g y Niacina 30 g.</p> <p>**Proporciona: Hierro 40g; Manganeso 80 g; Cobre 10g; Yodo 2 g; Zinc 60g; Selenio 0.30 g; Antioxidante 125 g; Vehículo c.b.p 500 g.</p>							

Se empleó un diseño completamente al azar con siete tratamientos, cada uno con cinco réplicas de 12 gallinas. Las aves se alojaron en jaulas convencionales, 3 gallinas por jaula. A las aves se les proporcionó un fotoperiodo de 16 hrs luz x día. La alimentación y el agua se proporcionaron *ad libitum* durante todo el experimento. (77)

Se llevaron registros semanales, durante 10 semanas de porcentaje de postura, peso promedio de huevo, masa del huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia. Además; de porcentaje de huevo sucio, roto, fisurado y fáfara.

También se efectuó el liofilizado de 140 huevos, para la realización del Análisis Químico Proximal de los mismos. También se pesaron 12 aves por tratamiento al inicio y al final del experimento. A las variables en estudio del experimento, se les realizó un análisis de varianza conforme a un diseño completamente al azar (78) y en caso de diferencia estadística al 5% se realizó comparación de medias por la prueba de Tukey.

Se realizó en el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad i = 1, 2, 3, \dots, t$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i.

ε_{ij} = Error aleatorio, donde $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

7.1.- Evaluación de la calidad del huevo

Se realizó un análisis de calidad interna y externa de 15 huevos por tratamiento en tres distintos periodos a las 3, 6 y 10 semanas de experimentación, se les midió las unidades Haugh (las cuales se definen como la altura de la albúmina expresada logarítmicamente y corregida con el peso del huevo), resistencia de cascarón y color de la yema del huevo con el Abanico de DSM.

A la semana 10 se efectuó en el huevo, un estudio de análisis sensorial, de sabor y color, así como de determinación de ácidos grasos Omega 3 (DHA), colesterol y vitamina E en el Instituto Nacional de Ciencias Medicas y Nutrición Salvador Zubirán. Una vez colectado, el huevo fue mezclado y envasado individualmente para ser sometido a un proceso de liofilización (deshidratación del huevo), según la técnica utilizada en el laboratorio de liofilización del Departamento de Microbiología de la Escuela de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. Se utilizó una liofilizadora Usi Froid, efectuándose una congelación por aspersión, en este proceso se bajo la temperatura en una hora a -40°C y se dejo

ahí por 6 horas. Posteriormente se subió la temperatura a 0°C y se llevo a 30°C en 24 horas hasta obtener una muestra totalmente seca.

La extracción de los lípidos totales y de los ácidos grasos se realizó en el Instituto de Nutrición Salvador Zubirán:

7.2.- Obtención de lípidos totales

La extracción de lípidos se realizó de acuerdo al método Folch, que se describe a continuación:

- 1.- Pesar 0.5 g de huevo liofilizado y depositado en un tubo previamente etiquetado.
- 2.- Agregar aproximadamente 30 ml de una solución de cloroformo-metanol (2:1).
- 3.- Agitar durante 3 minutos en un vortex.
- 4.- Centrifugar a 500rpm durante 5 minutos.
- 5.- Decantar el sobrenadante pasándolo a otro tubo etiquetado.
- 6.- enjuagar el residuo con 10 ml de cloroformo-metanol (2:1), agitarlo y centrifugarlo nuevamente.
- 7.- Agregar 3ml de cloruro de calcio (CaCl_2) al 20%
- 8.- Agitar durante 1 minuto y centrifugar durante 5 minutos. En este paso se forman dos fases.
- 9.- Deshechar la fase superior, sustrayéndola con una pipeta pasteur.
- 10.- Agregar 24g de sulfato de sodio anhidro, tapar y agitar manualmente.
- 11.- Pesar tubos y acondicionarlos con un embudo y papel filtro (Watman del número 42), agregando dos cucharadas de sulfato de sodio anhidro y un poco de cloroformo sobre las paredes del papel.

12.- Filtrar el contenido el tubo enjuagando el residuo con cloroformo.

13.- Una vez filtrada la muestra, se evapora a sequedad en baño María a 60 °C con flujo de nitrógeno. Al finalizar la evaporación, se deja enfriar a temperatura ambiente y se pesa. La cantidad de lípidos se obtiene como sigue:

Peso del tubo con lípidos - Peso del tubo vacío = Peso de lípidos totales

Y el porcentaje de lípidos totales = $(\text{Peso de lípidos totales} / \text{Peso de muestra de huevo liofilizado}) * 100$.

7.3.- Cuantificación de ácidos grasos poliinsaturados

Los lípidos extraídos del huevo, fueron saponificados y esterificados usando trifluoruro de boro metanólico, así mismo, los esteres metálicos obtenidos fueron suspendidos usando hexano. Posteriormente la mezcla de esteres metílicos obtenidos fue suspendida usando hexano. Posteriormente se usó una mezcla de esteres metílicos de los ácidos grasos **LA, LNA, AA, EPA y DHA** para identificar el tiempo de retención de cada uno de ellos y hacer la cuantificación de cada ácido graso. Se usó el ácido miristoleico (C17:0) como estándar interno y se inyectaron en un cromatografía de gases con lector de ionización de flama (FID), usando una columna capilar DB23 de 30m de longitud y 0.25 mm de diámetro interno

7.4.- Evaluación sensorial

Las pruebas se llevaron a cabo en cubículos individuales con luz blanca, en el Laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Participaron 30 jueces no entrenados (ambos sexos), consumidores

habituales de huevo. En el cual llenaron un cuestionario como se muestra en los Cuadros 13 y 14.

7.5.- Prueba de nivel agrado (Prueba Hedónica) para evaluar Sabor de huevo

El objetivo de esta prueba fue medir cuanto agrada el sabor del huevo. Para esta prueba se utilizaron escalas categorizadas, que pueden tener diferentes números de categorías y que fue de “Gusta mucho”, pasando por el “Es indiferente”, hasta “Disgusta mucho”. Para el análisis de estos datos, la categorías se convirtieron en puntajes que fueron del 1 al 5, donde 1 representó a “Gusta mucho” y 5 representa a “Disgusta mucho”.

Se les presentó, a cada juez, un plato con 4 diferentes muestras de huevo preparado (revuelto sin aceite y sin sal), acompañados con pan blanco y agua, que consumieron antes de probar cada muestra, evaluando así el sabor del huevo (Como se muestra en el cuestionario en los cuadro 13,14 y 15).

Cuadro 13. Escala de medición utilizada en las encuestas tanto de sabor del huevo y color de la yema	
1	GUSTA MUCHO
2	GUSTA POCO
3	ES INDIFERENTE
4	DISGUSTA POCO
5	DISGUSTA MUCHO

Cuadro 14. Cuestionario de sabor de nivel de preferencia de yema de huevo.

PRUEBA DE PREFERENCIA DE COLOR DE LA YEMA DE HUEVO

Nombre _____ Fecha _____

La característica a evaluar es únicamente el **COLOR.**

Producto: yema de huevo

Instrucciones.- Observe las muestras e indique con una “X” su nivel de agrado,

de acuerdo con la escala que se presenta a continuación.

NO SE PUEDEN INGERIR LAS MUESTRAS, SOLO SE TIENEN QUE OBSERVAR.

	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS			
	335	440	590	680
GUSTA MUCHO				
GUSTA POCO				
ES INDIFERENTE				
DISGUSTA POCO				
DISGUSTA MUCHO				

COMENTARIOS _____

Cuadro 15. Cuestionario de sabor de nivel de agrado

PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO PARA HUEVO

Nombre _____ Fecha _____

La característica a evaluar es únicamente el **SABOR.**

ES IMPORTANTE QUE ENTRE CADA MUESTRA, TOMEN UN POCO DE PAN Y AGUA.

	IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS			
	335	440	590	680
GUSTA MUCHO				
GUSTA POCO				
ES INDIFERENTE				
DISGUSTA POCO				
DISGUSTA MUCHO				

COMENTARIOS _____

7.6.-Prueba de preferencia para evaluar color en la yema de huevo.

El objetivo de esta prueba fue el de ordenar, según las opciones de un grupo de consumidores habituales de huevo, una serie de muestras de acuerdo con un aprecio personal o preferencia.

Para color de la yema, fueron 30 jueces, a los que se les presentó, a cada uno, una charola con cuatro moldes transparentes con una yema de huevo, de cada tratamiento y un cuestionario, evaluando así el color (79)

8.- Resultados y discusión

En el Cuadro 16, se puede observar que no hubo diferencia estadística significativa ($P>0.05$) entre las diferentes tratamientos o dietas, ya que la inclusión de DHA proveniente de microalgas a diferentes niveles de inclusión en la dieta, no afectaron los parámetros productivos, como son porcentaje de postura, peso promedio de huevo, masa de huevo ave día, consumo de alimento e índice de conversión. En los parámetros del Cuadro 17, se nota que tampoco hubo diferencias estadística significativa ($P>0.05$) entre tratamientos en las diferentes variables de anormalidades en el huevo (% huevo sucio, % de huevo fisurado, % de huevo roto, % de huevo en fáfara). Datos parecidos a los reportados por diferentes autores (102, 91, 95, 96) al utilizar fuentes de Omega 3 en las dietas de gallinas.

En las variables de calidad interna y externa del huevo mostradas en el Cuadro 18, los diferentes niveles de inclusión de DHA en la dieta no afectaron estos valores mostrando que no se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P> 0.05$) entre tratamientos tal como fueron reportados por otros autores (81, 83, 101).

En los análisis químico proximales de huevo liofilizado (Cuadro 19), no hubo diferencia significativa entre tratamientos ($P>0.05$), ya que la inclusión de DHA a diferentes niveles en las dietas experimentales no afectaron la composición proximal del huevo (89,103).

En el Cuadro 20, se observa que en la variable sabor no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P>0.05$), pero en la variable color se

detectan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), teniendo una mayor aceptación por lo jueces la combinación de microalgas 0.7% y aceite de pescado. En el segundo análisis sensorial Cuadro 21, se puede observar que en sabor se observan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), siendo la inclusión de 0.7% microalgas la que mostró mayor aceptación por lo jueces. En el análisis de color no se detectaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos. En general el uso de aceite de pescado al 1.5% en la dieta y el uso de linaza al 3% no afectan tanto el olor, como el sabor del huevo como lo ha sido fue reportado por distintos autores. (84,85, 86,99).

En el Cuadro 22, se observa que el contenido de lípidos totales en las dietas experimentales mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), la dieta con 0.7% de microalgas más harina de linaza integral al 3% mostró un contenido mayor y las dietas con 1.2% de micrioalgas, dietas con 0.7% microalgas y 1.5% de aceite de pescado fueron las de menor cantidad de lípidos lo que corrobora información publicada. (102, 94, 82,89)

Las niveles de **AAL** fueron más altos en las dietas de 0.7% de microalgas más harina de linaza, así como las dietas con linaza sola, en cambio los niveles de **EPA** fueron más altos en las dietas con 0.7% de microalga más aceite de pescado y aceite de pescado. En **DHA** las dietas más altas son las que contenían 1.2% de microalga y la combinación de 0.7% microalga mas aceite de pescado, debido que los productos de origen marino, como lo son las microalgas y los aceites de pecados son ricos en estos ácidos grasos (97, 84,81, 83, 87).

En la cantidad de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados se observaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), entre las dietas con 1.2% de microalgas junto con la dieta de 0.7% microalgas más aceite de pescado. En el Cuadro 23 y en las Gráficas 1 y 2; se puede observar que el contenido de colesterol en el huevo fue diferente en las dietas detectándose diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), siendo el tratamiento testigo el que mostró la mayor cantidad de colesterol en el huevo. En el contenido de vitamina E en el huevo, se observó que el tratamiento testigo es el que contiene menor cantidad y el tratamiento con 0.7% de microalgas más aceite de pescado el de mayor cantidad. En el contenido de vitamina E en el alimento se observa que la muestra de aceite de pescado contienen una mayor cantidad; en las dietas experimentales el tratamiento que contiene la combinación de 0.7% de microalgas más aceite de pescado es el que mostro en mayor nivel.

Aunque los resultados han sido satisfactorios, un inconveniente ha sido que las diferentes fuentes de ácidos omegas es que rápidamente se oxidan rápidamente debido a los compuestos insaturados de cadena larga que contienen, causando enranciamiento en el producto y, en consecuencia, reduciendo su vida útil. Siendo la vitamina E un poderoso antioxidante biológico que impide que se formen compuestos como los radicales libres, agentes que en pequeñas cantidades provocan daños en las membranas celulares su presencia es valiosa. La vitamina E actúa en también en forma benéfica en mecanismos relacionados con la calidad de la piel. (88, 92,93; 103)

En el Cuadro 24 y en la Gráfica 3 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de lípidos totales en el huevo, como se aprecia se indica que la dieta testigo muestra la mayor cantidad de lípidos y en lo que es en la dieta que contiene 0.7% de microalgas más aceite de pescado, se observa una menor cantidad de lípidos. Con respecto a la cantidad de **AAL** (alpha linoleico), la mezcla de 0.7% microalgas más harina de linaza al 3% mostro un mayor contenido de ácido graso, siendo el testigo el menor cantidad. La cantidad de **EPA** se presentó en mayor cantidad con la combinación de DHA microalgas más aceite de pescado y siendo el tratamiento testigo el de menor cantidad. El contenido de **DHA** en huevo se observa que las muestras con las dietas 0.7% de microalgas más aceite de pescado, 0.7% y 1.2% de microalgas fueron las que presentaron mayor cantidad de este ácido graso Omega 3 como ha sido observado anteriormente por varios investigadores (84, 85, 98, 94).

Las dietas de las aves son enriquecidas con aceites de pescado, harina de Linaza y DHA de algas (41,42, 90, 100). Estos huevos (también conocidos como huevos griegos) tienen concentraciones de EPA, DPA y DHA. Su contenido total de Omegas es de 17,87mg/g, mientras que el huevo comercial tiene sólo 1.74 mg/g, por otra parte, una cápsula de aceite de pescado tiene 300mg. en el huevo griego es de 1.3 mg/g y en el comercial es de 19.4 mg/g (14). Con estos datos su puede observar que los resultados obtenidos en el experimento, se reafirma que son de gran opción, como una fuente de ácidos grasos omega para los humanos.

9.- Conclusiones

Los parámetros productivos en 70 días de experimentación (porcentaje de postura, peso de huevo, masa de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia) de las gallinas ponedoras, no fueron afectados al adicionar DHA proveniente de un liofilizado de microalgas *Schizochytrium spp* en la dieta, harina de linaza al 3%, aceite de pescado al 1.5% y las combinaciones de microalgas con harina de linaza integral y aceite de pescado.

La calidad huevo interna (color y unidades Haugh) y externa (grosor de cascarón y peso de cascarón), análisis químico proximal, de gallinas alimentadas con las diferentes fuentes de ácidos grasos no afectaron la calidad del huevo de gallina.

La evaluación sensorial, el color de la yema y el sabor del huevo, de las gallinas, alimentadas con diferentes fuentes de Omegas 3, no se afectó tampoco.

El contenido de vitamina E en el huevo con la suplementación de 0.7% de microalgas (*Schizochytrium sp*) más 1.5% de aceite de pescado, fue mayor, ya que esta vitamina actúa en forma benéfica en mecanismos relacionados con la oxidación, en lo que fue en colesterol se observó que disminuyó, en este tratamiento.

La concentración de ácidos grasos Omega 3 (DHA), con el uso de microalgas al 0.7% y al 1.2% y la combinación de 0.7% de microalgas más 1.5% de aceite de pescado en dietas sorgo+ soya, fue mucho mayor, mostrando que las microalgas (*Schizochytrium sp*) son una excelente fuente de este ácido graso Omega.

Cuadro 16. Respuestas productivas promedio a los 70 días de gallinas Bovans alimentadas con diferentes dietas con diferentes niveles de ácidos Omega 3.

	Postura %	Peso de huevo (g)	Masa de huevo (g)	Consumo/ave/día (g)	Índice de conversión	Ganancia de peso (g)
Testigo	91.5 a	64.8 a	59.3 a	109.0 a	1.84 a	75 a
Microalgas 0.7%	89.2 a	64.3 a	57.4 a	106.0 a	1.85 a	56 a
Microalgas 1.2%	88.6 a	64.9 a	57.5 a	106.6 a	1.86 a	80 a
H. Linaza 3%	89.0 a	64.9 a	57.7 a	107.0 a	1.91 a	82 a
Aceite de Pescado	88.2 a	63.7 a	56.1 a	107.1 a	1.82 a	57 a
H. Linaza + Microalgas 0.7 %	89.1 a	64.9 a	57.8 a	105.4 a	1.83 a	56 a
A. Pescado + Microalgas 0.7 %	92.6 a	64.2 a	59.4 a	106.5 a	1.79 a	75 a
EEM	7.095	1.135	4.52	10.93	0.05	15.2

Valores con la misma letra no son significativamente diferente (P>0.05)

Cuadro 17. Resultados promedio de anomalías en huevo de gallinas alimentadas durante en 70 días, con diferentes fuentes y niveles de ácidos grasos Omegas 3.

	Huevo sucio %	Huevo Fisuras %	Huevo roto %	Huevo fáfara %
TESTIGO	2.5 a	0.85 a	0.40 a	0.39 a
Microalgas 0.7%	3.4 a	2.10 a	0.98 a	0.45 a
Microalgas 1.2%	3.0 a	1.30 a	1.32 a	0.51 a
H. Linaza 3%	2.2 a	1.45 a	0.41 a	0.52 a
A. Pescado	2.3 a	1.33 a	0.67 a	0.57 a
H. Linaza + Microalgas 0.7 %	5.5 a	2.09 a	0.81 a	0.46 a
A. Pescado+ Microalgas 0.7 %	2.1 a	2.05 a	0.76 a	0.21 a
EEM	3.86	1.53	0.447	0.202

Valores con la misma letra no son significativamente diferente (P>0.05)

Cuadro 18. Calidad interna y externa del huevo de gallinas alimentadas con diferentes fuentes y nivel de ácidos grasos omega 3

	Peso de huevo (g)	Altura albumina (mm)	Unidades Haugh	Color de la yema(Aba-nico DSM)	Resistencia cascarón (kg/cm²)
Testigo	65.6 a	7.6 a	83.3 a	9.6 a	1.40 a
Microalgas 0.7%	63.1 a	7.1 a	82.4 a	9.6 a	1.33 a
Microalgas 1.2%	67.1 a	7.0 a	80.9 a	9.6 a	1.25 a
H. Linaza 3%	64.9 a	6.9 a	80.7 a	9.3 a	1.30 a
A. Pescado	65.6 a	7.2 a	82.7 a	9.5 a	1.38 a
H. Linaza + Microalgas 0.7 %	65.5 a	6.9 a	81.0 a	9.2 a	1.40 a
A. Pescado + Microalgas 0.7 %	64.3 a	7.1 a	82.2 a	9.2 a	1.22 a
EEM	11.39	0.558	34.95	0.166	0.061

Valores con la misma letra no son significativamente diferente (P>0.05)

Cuadro 19. Análisis químico proximal de huevo de gallinas alimentadas con las dietas experimentales

	Proteína Cruda %	Extracto Etéreo %	Cenizas %	Extracto Libre de Nitrógeno
Testigo	39.25 a	37.5 a	3.78 a	18.21 a
Microalgas 0.7%	39.22 a	37.83 a	3.78 a	18.65 a
Microalgas 1.2%	39.76 a	37.81 a	3.82 a	18.5 a
H. Linaza 3%	39.78 a	37.72 a	3.92 a	18.72 a
A. Pescado	39.67 a	37.96 a	3.9 a	18.76 a
H. Linaza + Microalgas 0.7 %	39.58 a	37.86 a	3.83 a	18.73 a
A. Pescado+ Microalgas 0.7 %	39.13 a	37.43 a	3.68 a	18.45 a
EEM	0.774	0.77	0.156	0.787

Valores con la misma letra no son significativamente diferente (P>0.05)

Cuadro 20. Resultados de la evaluación del sabor y color de la yema de huevo de gallinas alimentadas con diferentes fuentes de ácidos omega 3				
	Testigo	Microalgas 1.2%	Linaza 3%+ Microalgas 0.7 %	A. Pescado + Microalgas 0.7 %
Análisis 1 Sabor	2 a	2 a	2 a	2 a
Análisis 1 Color	2 bc	3 c	2 ab	1 a
Valores con la misma letra no son significativamente diferente (P>0.05)				

Cuadro 21. Resultado de la evaluación del sabor y color de la yema de huevos de gallinas alimentadas con diferentes fuentes de ácidos omega 3				
	Testigo	Microalgas 0.7%	Linaza 3%	A. Pescado 1.5%
Análisis 2 Sabor	2 b	1 a	2 ab	2 ab
Análisis 2 color	2 a	2 a	2 a	2 a
Valores con la misma letra no son significativamente diferente (P>0.05)				

Cuadro 22. Análisis de ácidos grasos omega 3 en las dietas experimentales (mg/100 g muestra)	POLI	58.9 b	59.0 b	57.5 ab	56.1 ab	52.7 ab	60.5 b	48.8 a	52	72.5	2.22	Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05)
	MONO	24.6 ab	23.5 ab	24.0 ab	25.4 ab	25.1 ab	22.8 b	27.5 a	1.6	18.2	1.2	
	SATURADA	16.5 c	17.5 c	18.5 bc	18.4 bc	22.2 ab	16.8 c	23.7 a	46.3	9.3	1.04	
	Total	5037.9 ab	4997.2 ab	4388.6 b	5109.1 ab	4070.3 b	5665.4 a	4227.2 b	17924.4	21943.7	302.2	
	DHA	4.1 c	75.4 b	136.1 a	9.6 c	82.9 b	81.4 b	154.6 a	8516.4	46.1	9.95	
	DPA	7.96 bc	7.38 c	6.89 c	5.73 c	19.92 a	10.25 b	20.99 a	61.1	32.3	0.68	
	EPA	13.7 b	15.1 b	11.9 b	12.2 b	11.57 a	14.5 ab	108.0 a	202.2	26.2	5.98	
	AAL	352.1 c	340.1 c	276.6 cd	665.2 b	240.5 cd	897.3 a	200.5 d	31.7	12220.9	31.85	
	LIPIDOS TOTALES	6.3 bc	6.6 ab	5.6 cd	7.2 ab	5.4 d	7.23 a	5.2 d	27.9	28.5	0.28	
		Testigo	Microalgas 0.7%	Microalgas 1.2%	H. Linaza 3%	A. Pescado	H. Linaza +Microalgas 0.7%	A. Pescado + Microalgas 0.7 %	Microalgas	H. Linaza	E.E	

Cuadro 23. Análisis de colesterol y vitamina E en huevo liofilizado de gallinas alimentadas con las dietas experimentales (mg/100g muestra)

	Colesterol	Vitamina E en huevo	Vitamina E alimento
Testigo	446.6 a	2.5 f	2.56 e
Microalgas 0.7%	428.1ab	3.5 e	5.83c

Microalgas 1.2%	412.6ab	4.5 b	6.15 c
H. Linaza 3%	417.7ab	3.9 d	4.89 d
A. Pescado	425.0 ab	4.2 c	5.97 c
H. Linaza + Microalgas 0.7 %	385.9 b	4.7 b	6.14 c
A. Pescado+ Microalgas 0.7 %	391.5 b	5.1 a	7.20 b
A. pescado			10.9 a
A. soya			5.95 c
Microalgas			7.05 b
E.E	16.13	0.1	0.087
Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05)			

Cuadro 24. Contenido de ácidos grasos omega 3 en huevo de gallinas alimentadas con las dietas experimentales (mg/100g muestra)				
	AAL	EPA	DPA	DHA
TESTIGO	85.61 c	1.86 d	ND	93.75 c
Microalgas 0.7%	116.60 b	3.189 c	ND	185.86 a
Microalgas 1.2%	89.87 c	3.802 cd	ND	217.45 a

H. Linaza 3%	132.31 b	2.868 c	ND	95.46 c
A. Pescado	44.30 d	7.490 b	ND	149.07 b
H. Linaza + Microalgas 0.7 %	161.60 a	3.46 c	ND	163.20 b
A. Pescado+ Microalgas 0.7 %	65.09 bd	12.856 a	ND	214.57 a
EEM	4.7	0.43		6.02
Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05)				

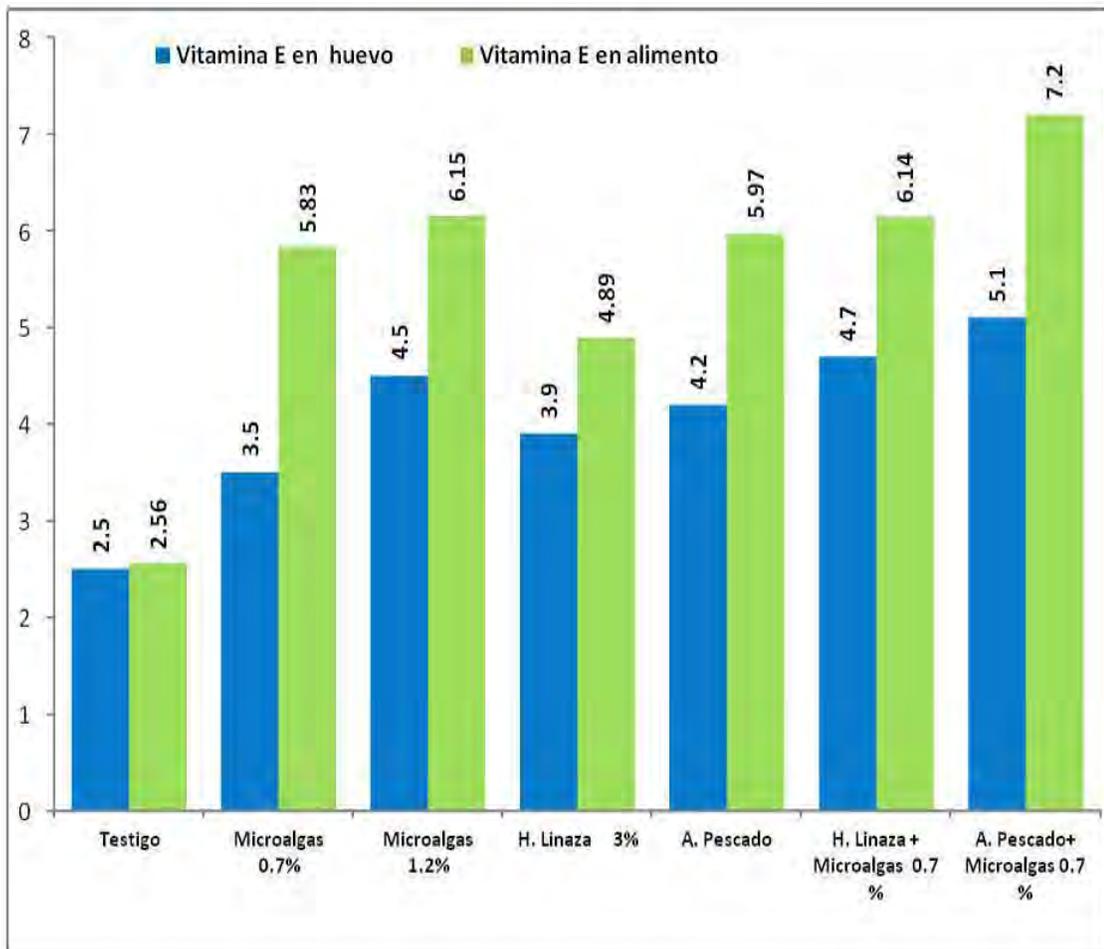
AAL: Ácido alfa-linoléico

EPA: Ácido eicosapentanoico

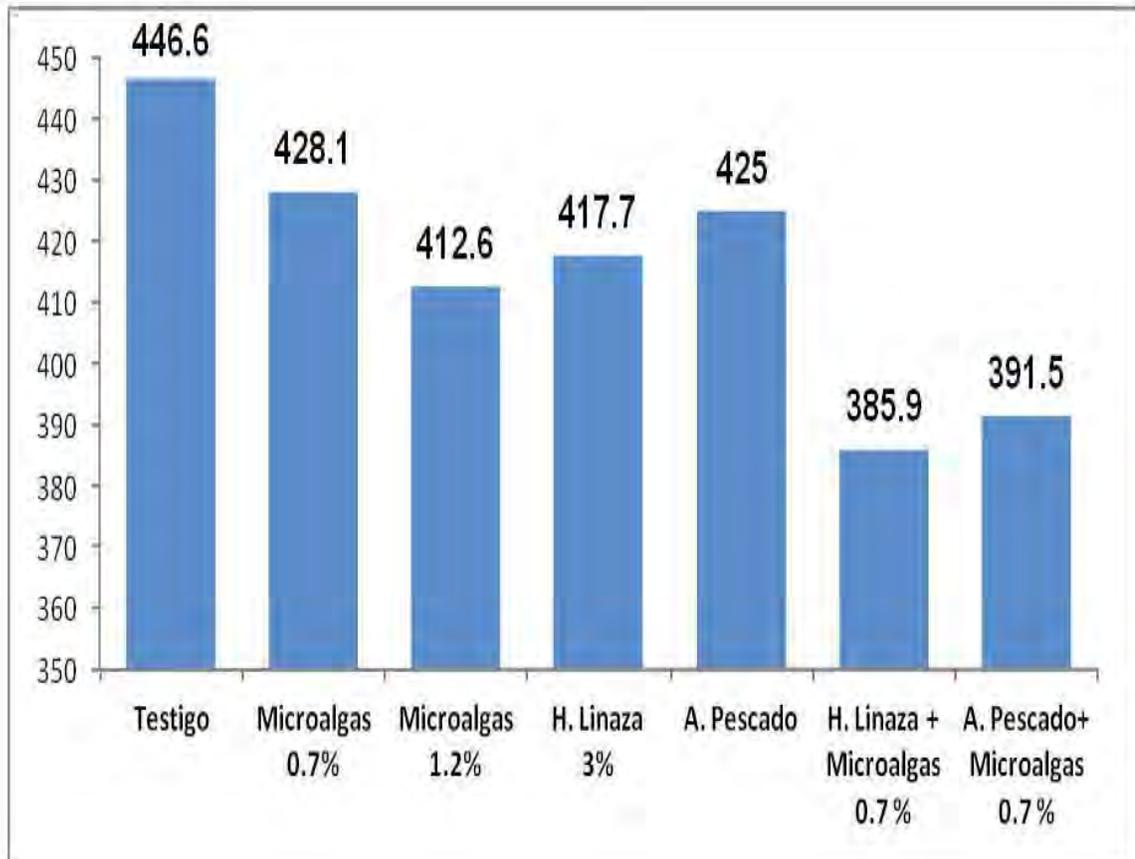
DHA: Ácido docosahexanoico

DPA: Ácido docosapentanoico

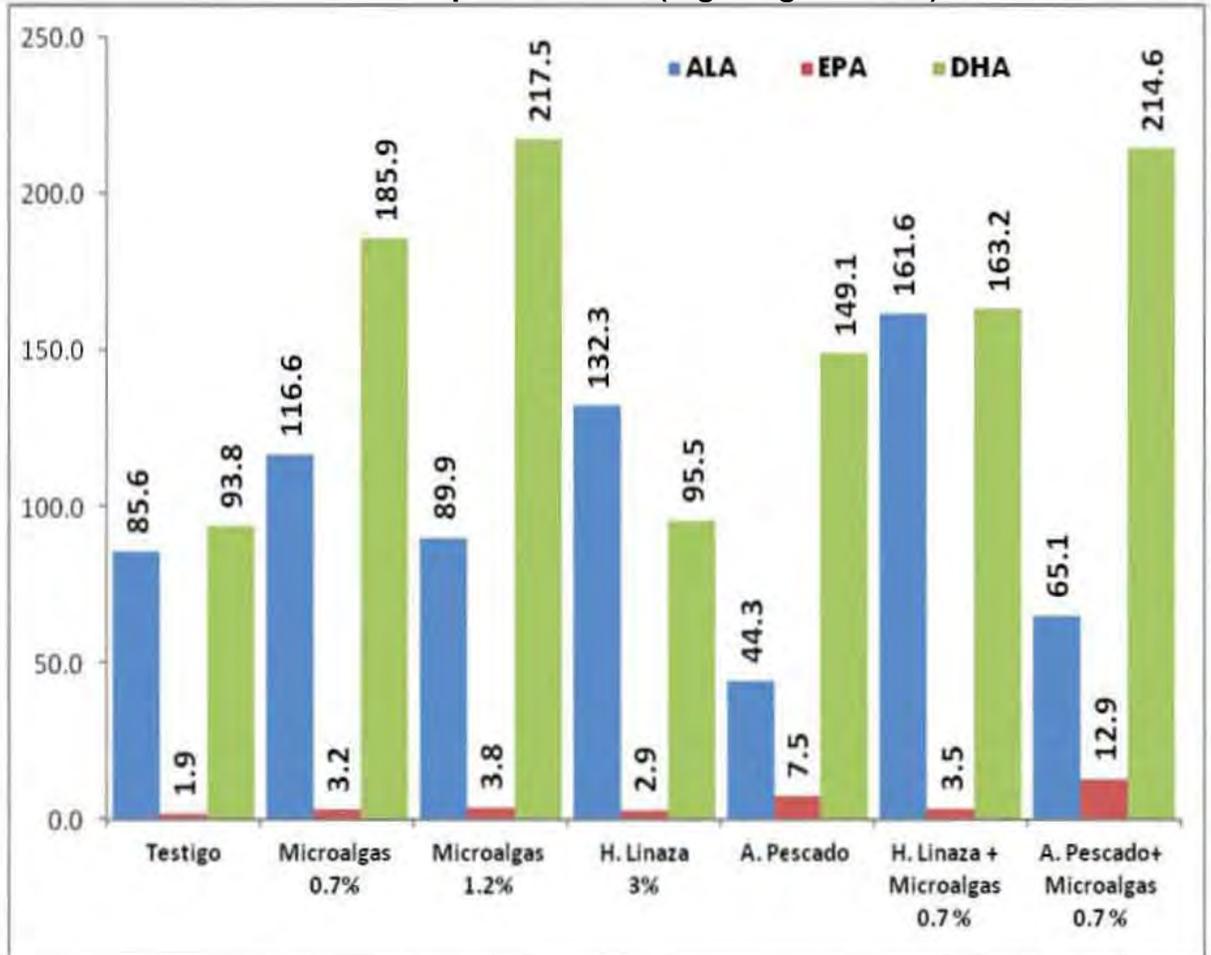
Grafica 1. Contenido de Vitamina E en huevo y alimento consumido por las gallinas alimentadas con las dietas experimentales (mg/100g muestra)



Grafica 2. Contenido de colesterol en huevos de gallinas alimentadas con dietas experimentales (mg/100g muestra).



Grafica 3. Contenido de ácidos grasos Omega 3 en huevo de gallinas alimentadas con las dietas experimentales (mg/100g muestra)



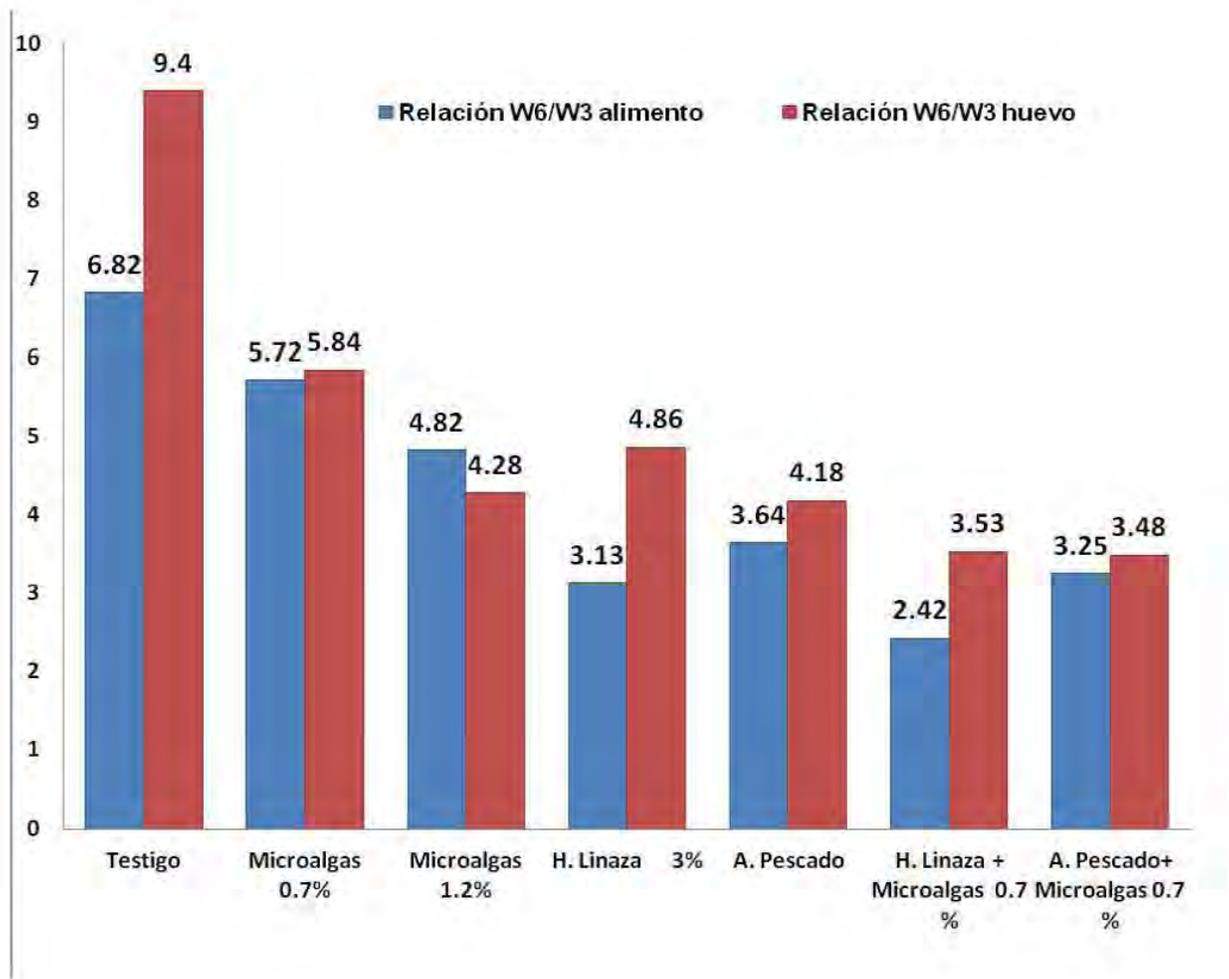
Cuadro 25. Contenido de ácidos grasos Omega 6, 3 y relación de Omega 6/3 de las dietas experimentales (mg/100g muestra)

	Omegas 6	Omegas 3	Relación $\Omega 6/\Omega 3$
Testigo	2578.54 a	377.93 c	6.82 a
Microalgas 0.7%	2506.88 a	437.99 c	5.72 b
Microalgas 1.2%	2085.02 abc	431.51 c	4.82 c
H. Linaza 3%	2168.21 ab	692.70 b	3.13 e
A. Pescado	1673.23 bc	459.06 c	3.64 d
H. Linaza + Microalgas 0.7 %	2421.19 a	1003.44 a	2.42 f
A. Pescado+ Microalgas 0.7 %	1565.01 c	484.05 c	3.25 de
E.E	145.76	40.76	0.12
Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05)			

Cuadro 26. Análisis de ácidos grasos omega 6, 3 y relación de omega 6/3 en huevo liofilizado (mg/100g muestra)

	Omegas 6	Omegas 3	Relación $\Omega 6/\Omega 3$
Testigo	1703.72 a	181.2	9.40 a
Microalgas 0.7%	1784.34 a	305.6	5.84 b
Microalgas 1.2%	1332.60 b	311.1	4.28 d
H. Linaza 3%	1121.54 c	230.6	4.86 c
A. Pescado	840.12 d	200.9	4.18 d
H. Linaza + Microalgas 0.7 %	1159.21 c	328.3	3.53 e
A. Pescado+ Microalgas 0.7 %	1019.13 c	292.5	3.48 e
E.E	39.63	52.65	0.18
Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05)			

Grafica 4. Tasa o Relación de ácidos Omega 6 y Omega 3 en las dietas experimentales y huevo liofilizado (mg/100g muestra)



8.- Referencias

- 1.- Una.org.mx. México. Unión Nacional de Avicultores. Monografía de indicadores económicos del sector avícola 2011. Citado Enero 16 del 2011. Disponible desde: URL:http://www.una.orgmx/index.php?opinion=com_content&task=view&id=18&Itemid=27.
- 2.- MUÑOZ M, CHÁVEZ A. Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en Latinoamérica. Arte y Ediciones Terra S.A. México, D.F.: 1999.
- 3.- MOREIRAS O, CARBAJAL A, CABRERA L, CUADRADO M. Tablas de composición de alimentos. Ediciones Pirámide. Madrid 2005
- 4.- ABURTO IA. El huevo como aliado de la Nutrición y la Salud. Rev Cubana Aliment Nutr 2008; 18 (2 Supl 1):S1-S15.
5. - APPLGATE E. Introduction: Nutritional and Functional Roles of Eggs in the Diet. Journal of the American College of Nutrition. 2000: 19: No. 5, 495S–498S
- 6.- MURRAY RK, BENDER DA, KENNELLY PJ. Harper Bioquímica ilustrada. 28a edición. McGraw-Hill. México 2010.
- 7.- MATHEWS CK, HOLDE KE, AHRERN KG. Bioquímica. 3ra edición. Pearson Addison Wesley. Madrid España 2006.
- 8.- ROSKOSKI RJR. Bioquímica. 1ra edición. McGraw-Hill Interamericana. México 1999.
- 9.- CHURCH DC, POND WG, POND KR. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2da edición. Limusa wiley. México 2007.
- 10.- LEHNINGER, AL. Principios de Bioquímica. 2da edición, Ediciones Omega. Barcelona: 1988.

- 11.- CHOW KC. Fatty acids in foods and their health implications. Marcel Decker; USA 1992. 1045 pp.
- 12.- FAO/OMS Grasas y aceites en la nutrición humana. Organización Mundial de la Salud 1997. 168 pp.
- 13.- CONNOR WE. Importance of Omega-3 fatty acids in heart and disease. Am. J. Clin. Nutr. 2000 71: 1 171S-175S
- 14.- SIMOPOULOS AP. Essential fatty acids in health and chronic disease. Am. J. Clin. Nutr. 1999: 70: 560s-569s.
- 15.- BUEGE DR, INGHAM BH, HENDERSON DW. Nationwide audit of the composition of pork and chicken cuts at retail. J. Food Comp. Anal. 1998: 11: 249-261.
- 16.- RAZZINI E, BARONZIO GF. Omega-3 fatty acids as coadjuvant treatment in AIDS. Medical Hypotheses. 1993: 41: 300-305.
- 17.- SIMOPOULOS AP. Symposium: Role of poultry products in enrichment the human diet with Ω -3 PUFA. Human requirement for Ω -3 of polyunsaturated fatty acids. Poultry Sci. 2000: 79: 961-970.
- 18.- WOOD SG, LAWSON LD, FAIRBANKS DJ, ROBINSON LR, ANDERSEN WR. Seed lipid content and fatty acid composition of three quinoa cultivars. J. Food Comp. and Anal. 1993: 6: 41-44.
- 19.- JOSEPH RH, LEVI RGN, TANYA LB, JESSICA AR and WILLIAM EM. Lands Healthy intakes of n-3 and n-6 fatty acids: estimations considering worldwide

diversity. American Journal of Clinical Nutrition, Jun 2006. Vol. 83, No. 6, S1483-1493S.

20.- HYVÖNEN L, LAMP AM, VARO P, KOIVISTOINEN P. Fatty acid analysis. TAG equivalents as net fat value, and nutritional attributes of commercial fats and oils. J. Food Comp. Anal.1993: 6: 24-40.

21.- ZHANG HZ, LEE TCX. Rapid near-infrared spectroscopic method for the determination of free fatty acid in fish and its application in fish quality assessment. J. Agric. Food Chem.1997: 45: 3515-3521.

22.- KRIS-ETHERTON PM, SHAFFER TD, YU-POTH S, HUTH P, MORIARTY K. Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. Am. J. Clin. Nutr.2000: 71: 179S-88S.

23.- JUAN AS, RUBÉN R, RAMSÉS A. Omegas 3 “Los secretos curativos del eslabón perdido de la nutrición”. Primera edición. Venta Universal S.A. de C.V. México 2008

24.- ÁVILA GE. Alimentación de las Aves. Cuarta edición. Editorial trillas. Universidad Autónoma de México. México 2004.

25.- CARTER JF. Sensory evaluation of flaxseed of different varieties. Proc. Flax Inst. 1996: 56: 201-203.

26.- Institute of Food Technology. Institute of Food Technology expert report. Functional foods: Opportunities and challenges. Citado en http://www.ift.org/knowledge-center/read-ift-publications/science-reports/expert-reports/~//media/Knowledge%20Center/Science%20Reports/Expert%20Reports/Functional%20Foods/Functionalfoods_expertreport_full.pdf

- 27.- Organización Internacional de Harina y Aceite de pescado (IFFO). Sostenibilidad de la oferta de harina y aceite de pescado. Citado <http://www.iffo.net/default.asp?contentID=1>
- 28.- UAUY BR, VALENZUELA A. Marine oils as a source of omega-3 fatty acids in the diet: how to optimise the health benefits. *Prog. Food Nutr. Sc.* 1992; 16: 199-243.
- 29.- ARO T, TAHVONEN R, MATTILA T, NURMI J, SIVONEN T, KALLIO H. Effects of season and processing on oil content and fatty acids of Baltic herring (*Clupea harengus membras*). *J. Agric. Food. Chem.* 2000; 48: 6085-6093.
- 30.- REFSGAARD HHF, BROCKHOFF PMB, JENSEN B. Free polyunsaturated fatty acids cause taste deterioration of salmon during frozen storage. *J. Agric. Food. Chem.* 2000; 48: 3280-3285.
- 31.- DUPONT J. Fats and Oils. En Sadler M (Ed.) *Encyclopedia of Human Nutrition*. Academic Press. USA.1999: 719-729.
- 32.- RICE R. Fish Nutritional Value. Sadler MJ (Ed.) *Encyclopedia of Human Nutrition*. Academic Press. USA.1998: 793-803.
- 33.- STEINKE G, WEITKAMP P, KLEIN E, MUKHERJEE DK. High-yield preparation of wax ester via lipase-catalyzed esterification using fatty acids and alcohols from crambe and camelina oils. *J. Agric. Food. Chem.* 2001; 49: 647-651
- 34.- LEON GMF, SILVA I, LÓPEZ MG. Proximate chemical composition, free amino acid contents, and free fatty acid contents of some wild edible mushrooms from Querétaro, México. *J. Agric. Food Chem.* 1997; 45: 4320-4332.

- 35.- LINOS A, KAKLAMANI VG, KAKLAMANI E, KOUMANTAKI Y. Dietary factor in relation to rheumatoid arthritis: a role for olive oil and cooked vegetables?. Am. J. Clin Nutr. 1999; 70: 1077-1082.
- 36.- KRIS-ETHERTON PM, SHAFFER TD, YU-POTH S, HUTH P. Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. Am. J. Clin. Nutr. 2000; 71: 179S-188S.
- 37.- NEVILLE M, PICCIANO MF. Regulation of milk lipid secretion and composition. Ann. Rev. Nutr. 1997; 17: 159-184.
- 38.- MAHAN KL, ESCOTT-STUMP S. Nutrición y Dietoterapia de Krause. McGraw-Hill. 9ª edición. México 1998. pp. 1122-1127
- 39.- BUEGE DR, INGHAM BH, HENDERSON DW, WATTERS SH, BORCHERT LL, CRUMP PM, HENTGEST EJ. A Nationwide audit of the composition of pork and chicken cuts at retail. J. Food Comp. Anal. 1998; 11: 249-261.
- 40.- MICHELLA SM, SLAUGH BT. Producing and marketing a specialty egg. Poult Sci. 2000; 79: 975-976.
- 41.- LEWIS NM, SEBURG S, FLANAGAN NL. Enriched Eggs as a Source of Ω -3 polyunsaturated fatty acids for humans. Poult Sci. 2000; 79: 971-974.
- 42.- NITSAN Z, MOKADI S, SUKENIK A. Enrichment of poultry products with Omega-3 fatty acids by dietary supplementation with the alga *Nannochloropsis* and Mantur oil. J. Agric. Food Chem. 1999; 47: 5127-5132.
- 43.- PARK PW, GOINS RE . In situ preparation of fatty acids methyl esters for analysis of fatty acid composition in foods. J. Food Sci. 1994; 59: 1262-1266.

- 44.- CLOSA SA, MARCHESICH C, CABRERA M, MORALES JC. Composición de huevos de gallina y codorniz. Arch. Latinoam. Nutr. 1999: 49: 181-185.
- 45.- DICK MW. Straminipilous fungi. Systematics of the Peronosporomycetes Including Accounts of the Marine Straminipilous Protists, the Plasmodiophorids and Similar Organisms. .Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. Netherlands (2001) .670pp.
- 46.- NICHOLS DS, SANDERSON K, BUIA A, VAN DE KAMP J, HOLLOWAY P, BOWMAN JP. En "Bioprospecting and Biotechnology in Antarctica" in The Antarctic: Past, Present and Future. Antarctic CRC Research Report (2002) #28. Hobart, 85-103.
- 47.- RAGHUKUMAR S, ANIL AC, KHANDEPARKER L, PATIL JS. Thraustochytrids protists as a component of marine microbial films. Mar Biol .2000: 136, 603-609.
- 48.- HAMMOND BG, MAYHEW DA, NAYLOR MW, RUECKER FA, MAST RW, SANDER WJ. Safety assessment of DHA rich microalgae from Schizochytrium sp. Reg Tox Pharm. 2000: 133; 192-204.
- 49.- YOKOCHI TD, HONDA T, HIGASHIHARA, NAKAHARA T. Optimization of docosahexanoic acid production by Schizochytrium limacinum SR21. Appl Microbiol Biotechnol. 1998:49, 72-76.
- 50.- FAN KW, CHEN F, JONES EBG, VRIJMOED LLP. Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids production by and okara-utilizing potential of thraustochytrids. J Ind Microbiol Biotechnol. 2001: 27, 199-202.

- 51.- TANAKA S, YAGUCHI T, SHIMIZU S, SOGO T, FUJIKAWA S. Process for preparing docosahexaenoic acid and docosapentaenoic acid with ulkenia.US Patent no. 2003: 6,509, 178.
- 52.- SALEM N. "Docosahexanoic acid: membrane function and metabolism" In Health Effects of Polyunsaturated Fatty Acids in Seafood. Academic Press, Orlando: 1986; 263-318.
- 53.- BIRCH EE. A randomized controlled trial of early dietary supply of long-chain polyunsaturated fatty acids and mental development in term infants. Dev Med Child Neurol. 2000; 42(3):174-81.
- 54.- BAZAN HE. Lipids in human lipofuscin-enriched subcellular fractions of two age populations. Comparison with rod outer segments and neural retina. Invest Ophthalmol Vis Sci.(1990); 31(8):1433-43
- 55.- SALEM NJR. Mechanisms of action of docosahexaenoic acid in the nervous system. Lipids. 2001: 36(9): p. 945-59. .
- 56.- JEFFREY BG. The role of docosahexaenoic acid in retinal function. Lipids. 2001: 36(9): p. 859-71.]
- 57.- JAMIESON EC. Infant cerebellar gray and white matter fatty acids in relation to age and diet. Lipids. 1999: 34(10): p. 1065-71.
- 58.- SAUERWALD TU, DEMMELMAIR H, and KOLETZKO B. Polyunsaturated fatty acid supply with human milk. Lipids: 2001: 36(9): p. 991-996.
- 59.- JENSEN CL. Effect of docosahexaenoic acid supplementation of lactating women on the fatty acid composition of breast milk lipids and maternal and infant plasma phospholipids. Am J Clin Nutr. 2000: 71(1 Suppl): p. 292S-299S.

- 60.- PUTNAM JC. The effect of variations in dietary fatty acids on the fatty acid composition of erythrocyte phosphatidylcholine and phosphatidylethanolamine in human infants. *Am J Clin Nutr.* 1982; 36(1): p. 106-14.
- 61.- FRANCOIS CA. Acute effects of dietary fatty acids on the fatty acids of human milk. *Am J Clin Nutr.* 1998; 67(2): p. 301-8
- 62.- KIM HY, EDSALL L. The role of docosahexaenoic acid (22:6n-3) in neuronal signaling. *Lipids.* 1999; 34 Suppl: p. S249-250.
- 63.- KIM HY. The release of polyunsaturated fatty acids and their lipoxygenation in the brain. *Adv Exp Med Biol.* 1999; 447: p. 75-85.
- 64.- NORTH OM. Manual de producción avícola. 3r edición. El Manual Moderno. México 1993
- 65.- SCOTT LM, NESHEIM C and YOUNG R. Nutrition of the chicken. Third edition Ed. M.L Scott and Associates. Ithaca. New York 1982. Pp 16-99.
- 66.- ESCRIBANO F. Fisiología digestiva y metabolismo de las grasas e hidratos de carbono en gallinas ponedoras. *Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras.* Ed Mundi prensa. Madrid 1991.pp 13-31.
- 67.- CRESPO N. ESTEVE GE. Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens. *Poult Sci.* 2001; 80: 72-78
- 68.- SKLAN D. Digestion and absorption of lipids in chicks fed triglycerides of free fatty acids. Synthesis of monoglycerides in the intestine. *Poult Sci.* 1979; 58; 885-889
- 69.- BAJAO NC, JARA LJ. Oil and fat in broiler nutrition. *Brazilian Journal of Poult Sci* 2005; 7(3) 123-143.

- 70.- MATEOS BLAS DC y MATEOS GG. Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España 1991. Pp. 13-22;161
- 71.- MORAN ET JR. Effects of Egg Weight, Glucose Administration at Hatch, and Delayed Access to Feed and Water on the Poult at 2 Weeks of Age. *Poult Sci* 1990: 69:1718-1723.
- 72.- NOBLE RC and COCHI M. Lipid metabolism and the neonatal chicken. *Prog. Lipid Res.* 1990: 29:107-140.
- 73.- GAZIANO TA. Reducing the Growing Burden Of Cardiovascular Disease In The Developing. *Health Affairs* 2007: 26(1): Pp13-24
- 74.- CORNEJO S, HIDALGO H, ARAY A J, POKNIAK J. Suplementación de dietas de gallinas de postura comercial con aceites de pescado de diferentes grados de refinación. Efectos productivos en las aves y en la calidad organoléptica de los huevos. *Arch Med Vet* 2008: 40: Pp45-50.
- 75.- GARCÍA E. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Copen. 2º Ed. México D.F.
- 76.- CUCA GM, ÁVILA GE, PRO MA. Alimentación de las aves. 2da ed Universidad Autónoma Chapingo, Edo de México, 2009.
- 77.- QUINTANA JA. Avitecnia. Manejo de las Aves Domesticas más comunes. 3ª ed. Editorial Trillas México 1999.
- 78.- ROBERT O. Diseños Experimentales, 2da edición. Editorial Thomson Learning, México 2001.
- 79.- PEDRERO FD, PANGBORN RM. Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos .Alambra Mexicana. Mexico 1996.

- 80.- VAN ELSWYK ME. Comparison of n-3 fatty acids sources in laying hen rations for improvement of whole egg nutritional quality: A review. Br. J. Nutr. 1997:781 (Suppl. 1):S61–S69.
- 81.- GONZALEZ ER and LEESON S. Effects of menhaden oil and flaxseed in broilers on sensory quality and lipid composition of poultry meat. Br. Poult. Sci.2000; 41: 481–488.
- 82.- SURAI PF and SPARKS NHC. Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. Trends Food Sci. Technol. 2001 12: 7-16.
- 83.- HERBER-MCNEILL SM and VAN ELSWYCK ME. Dietary Marine Algae Promotes Efficient Deposition of n-3 Fatty Acids for the Production of Enriched Shell Eggs Poultry Sci. 1996; 75: 1501-1507.
- 84.- HERBER-MCNEILL SM and VAN ELSWYCK ME. Dietary marine algae maintains egg consumer acceptability while enhancing yolk color. Poultry Sci. 1998; 77: 493-496.
- 85.- BEORLEGUI CB, CARRO CA .Calidad sensorial de huevos y carne de aves enriquecidos en ácidos grasos omega-3 y ácido linoleico conjugado. Madrid, 7 y 8 de noviembre de 2005 XXI Curso de Especialización FEDNA (pp 15- 34)
- 86.- RAMÍREZ GJ, CONTRERAS LE, JAIMEZ OJ, CASTAÑEDA A et al. Efecto de la suplementación con aceite de hígado de bacalao en la composición química de carne de gallinas ponedoras. Memorias in extenso del XXIII Congreso Nacional de Química Analítica. Editadas por la Asociación Mexicana de Química Analítica, A.Ca. Acapulco, Guerrero México, del 30 de junio al 2 de julio del 2010.

- 87.- BERNAL GME, XAVIER MJ, MANCINI FJ. Estabilidad oxidativa de huevos enriquecidos con ácidos grasos poliinsaturados omega 3, frente a antioxidantes naturales. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2003: 39 (4); 425-432
- 88.- CASTON, L AND LEESON S. Research Note: Dietary Flax and Egg Composition. *Poultry Sci.*1990; 2, 1617-1620.
- 89.- BEAN ID and LEESON S. Long-term effects of feeding flaxseed on performance and egg fatty acid composition of brown and white hens. *Poult Sci* 2003 82:388–394
- 90.- HERBER-MCNEILL SM and VAN ELSWYK ME. Dietary marine algae maintains egg consumer acceptability while enhancing yolk color. *Poult Sci*. 1998:77:493–496
- 91.- MELUZZI A, SIRRI F, MANFREDA G, TALLARICO N, and FRANCHINI A. Effects of dietary vitamin E on the quality of table eggs enriched with n-3 long-chain fatty acids. *Poult Sci*. 2000: 79:539–545
- 92.- LYNCH PB. Vitamin E in livestock feeding. Symposium on vitamin E and meat quality. university college, cork, Ireland. , 1994
- 93.- SCHEIDELE SE and FRONING G. The combined influence of dietary flaxseed variety, level, form, and storage conditions on egg production and composition among vitamin E supplemented hens. *Poult Sci*. 1996:75:1221–1226.
- 94.- LEESON S and SUMMER. *Comercial poultry nutrition*. 3th Ed. University Books. Guelph, Ontario, Canada. 2005.

- 95.- CASTON SI and MACLAURIN T. Organoleptic evaluation of eggs produced by laying hens fed diets containing graded levels of flaxseed and vitamin E. *Poult Sci.* 1998: 77:1436–1440
- 96.- LOPEZ FS, BAUCCELLS MD , BARROETA AC and GRASHORN MA. Fatty acids Ω 3 enrichment of chicken meat. Use of very long-chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: fish oil. *Poult Sci.* 2001: 80:741–752.
- 97.- BETANCOURT L, DÍAZ G. Enriquecimiento de huevos con ácidos grasos omega-3 mediante la suplementación con semilla de lino (*linum usitatissimum*) en la dieta. *Rev MVZ Córdoba.* 2009: 14(1):1602-1610.
- 98.- CORNEJO AS, HIDALGO BH, ARAYA AJ, POKNIAK AJ. Suplementación de dietas de gallinas de postura comercial con aceites de pescado de diferentes grados de refinación. Efectos productivos en las aves y en la calidad organoléptica de los huevos. *Arch Med Vet.* 2008: 40, 45-50.
- 99.- BASMACIOGLU H, CABUK M, UNAL K, OZKAN K, AKKAN S and YALCIN H. Effects of dietary fish oil and flax seed on cholesterol and fatty acid composition of egg yolk and blood parameters of laying hens. *South African Journal of Animal Sci* 2003, 33 (4) 266-273.
- 100.- GONZÁLEZ ER and LEESON S . Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. *Canadian Journal of Animal Science.* 2001: 40: 295-305.
- 101.- JIA W, SLOMINSKI BA, GUENTER W, HUMPHREYS A and JONES O. The effect of enzyme supplementation on egg production parameters and omega-3

fatty acid deposition in laying hens fed flaxseed and canola seed. *Poult Sci.* 2005; 87: 2005–2014

102.- NOBLE RC. Manipulation of the Nutritional Value of eggs: En: 'Recent advances in Animal Nutrition'. Ed. PC. Garnsworthy y J. Wiseman. Nottingham Univ. Press. Nottingham UK. 1998: pp 49-66.

103.- CARRILLO DS, AVILA GE, VÁSQUEZ PC, FUENTE BM, CALVO CC, CARRANCO JME and PÉREZ-GIL RF. Effects of adding vitamin E to diets supplemented with sardine oil on the production of laying hens and fatty- egg acid composition. *African Journal of Food Science.* 2012 : 6(1); 12-19.